

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Совершенствование конструкции шлюзового узла камеры электромагнитной защиты	

УДК 621.318.3-7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Паторняк Сергей Сергеевич		05.06.20

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		05.06.20

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ким А.Б.			05.06.20

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т.Б.	К.Э.Н		05.06.20

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	Д.Т.Н		05.06.20

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 «Машиностроение»	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		05.06.20

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
Общекультурные компетенции	
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная Школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение материаловедения школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____
(Дата) Арляпов А.Ю.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ82	Паторняк Сергей Сергеевич

Тема работы:

Совершенствование конструкции шлюзового узла камеры электромагнитной защиты	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, №59-118/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.20
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Техническое задание:</p> <p style="text-align: center;">Требуется рассчитать и спроектировать узел двери для камер с электромагнитной защитой .</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Литературный обзор</p> <p>Обзор и анализ имеющихся узлов.</p> <p>Формулирование цели и задач исследования на основе выявленных особенностей и техническом задании.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Исследовательский</p>	<p>Ким А.Б.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Т.Б.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.И.</p>
<p>Исследовательский (на англ. яз.)</p>	<p>Кобзева Н.А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Исследовательский раздел</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.18
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		01.10.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Паторняк С.С.		01.10.18

Оглавление

Оглавление.....	5
РЕФЕРАТ.....	9
Введение	11
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки.....	12
1.Литературный обзор	13
1.1 Методы экранирования.....	13
1.2 Материалы для экранирования.....	15
1.3 Экранированные камеры и помещения	18
1.4 Аспекты, которые необходимо учитывать при проектировании экранированных корпусов.....	19
1.4.1 Материалы и стойкость к коррозии	19
1.4.2 Толщина материала корпуса	20
1.4.3 Предотвращение зазоров в корпусах	21
1.4.4 Расстояние между креплениями, петлями и замками	21
1.5 Гальваническая коррозия.....	21
1.6 Электромагнитное излучение и частота	24
1.7 Экранирование дверей и крышек	24
1.7.1 Предотвращение зазоров в корпусах и дверях.....	24
1.7.2 Расстояние между креплениями, петлями и замками	25
1.8. Экранирование подвижных соединений.....	26
1.8.1 Сложности при экранирование подвижных соединений.....	26
1.8.2 Контактно-металлические пружины.....	27
1.8.3 Способы экранирования подвижных соединений	28

2.Проектирование шлюзового узла	30
2.1 Анализ исходной конструкции	30
2.2 Изменение схемы установки контактно-металлических пружин	31
2.3 Перепроектирование шарнира двери	37
2.4 Перепроектирование профиля короба	44
3.Моделирование и расчет усилия закрытия усовершенствованного шлюзового узла	46
3.1 Моделирование контактно-металлических пружин	46
3.2 Расчет деформации контактно металлической пружины.....	47
3.3 Расчет усилия требуемого для закрывания двери.....	50
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	56
4.1 Организация и планирование работ	56
4.2 Продолжительность этапов работ	57
4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	63
4.4 Расчет затрат на материалы	63
4.5 Расчет заработной платы.....	64
4.6 Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды	65
4.7 Расчет затрат на электроэнергию	65
4.8 Расчет амортизационных расходов	66
4.9 Расчет расходов	68
4.10 Расчет прочих расходов	68
4.11 Расчет общей себестоимости разработки.....	68

4.12 Расчет прибыли	69
4.13 Расчет НДС	70
4.14 Цена разработки НИР	70
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА.....	71
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	71
5. Введение	72
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	73
5.2 Производственная безопасность	74
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	74
5.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов....	75
5.2.2.1 Анализ показателей микроклимата.....	75
5.2.2.2 Анализ показателей шума	76
5.2.2.3 Анализ освещенности рабочей зоны.....	76
5.2.2.4 Эмоциональные нагрузки	80
5.2.2.5 Анализ электробезопасности.....	80
5.2.3 Экологическая безопасность	82
5.2.4 Чрезвычайные ситуации	83
5.2.5 Анализ пожарной безопасности	84
5.3 Выводы по разделу.....	86
Законодательные акты	87
Заключение	88
Список используемых источников	89

Приложение А	91
Introduction	92
Shielding Methods.....	93
Shielding materials	95
Shielded rooms, structures and cameras	97
Classification of shielded cameras	101
Bibliography.....	104

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 105 листов, 42 рисунков, 16 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: экранирование, электромагнитная защита, контактно-металлические пружины, 3D-модель.

Актуальность работы состоит в возможности улучшения конструкции шлюзового узла для камер с электромагнитной защитой. Это позволит исключить затраты на материалы, ремонт, а также положительно скажется на удобстве в использовании.

Объектом исследования является узел шлюза камеры с электромагнитной защитой.

Цель работы состоит в улучшении конструкции посредством замены или перепроектирования отдельных элементов. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- проектирование нового профиля шлюзового узла;
- выбор типа контактно-металлических пружин и способа их установки;
- перепроектирование шарнира шлюзового узла;
- расчет усилия закрывания в САЕ системе и сравнение с исходными данными.

Работа представлена введением, тремя разделами и заключением.

В первом разделе «Литературный обзор» рассмотрены аспекты которые стоит учитывать при проектирование экранированных камер.

Во втором разделе «Проектирование шлюзового узла» рассмотрены способы улучшения конструкции путем изменения контактно-металлических пружин и их установки, перепроектирования шарнира и профиля короба. А также проведен эксперимент по определению жесткости контактно-металлических пружин разных типов.

В третьем разделе «Моделирование и расчет усилия закрытия шлюзового узла» смоделированы элементы шлюзового узла. Произведен расчет и сравнение исходной конструкции и усовершенствованной. В заключении изложены выводы о проделанной работе.

Введение

Электромагнитное экранирование – способ снижения интенсивности электромагнитных волн до заданного уровня с помощью специальных материалов, оборудования и технологических решений. Снижение интенсивности поля необходимо для защиты людей или техники от влияния электромагнитного излучения либо для предотвращения нежелательной утечки информации, которая может переноситься электромагнитным излучением.

Экранирование обеспечивается созданием специальных экранов, от которых излучение может отражаться, в которых оно может поглощаться или рассеиваться, либо комбинацией этих способов. Экраны образуют замкнутые объемы, которые охватывают или объект защиты от излучения, либо объект, излучение от которого должно быть подавлено. Кроме того, необходимы специальные решения для ввода в электромагнитный экран или вывода наружу различных линий инженерных или информационных коммуникаций. Во всех странах законодательно задается допустимый уровень излучения, которому может подвергаться человек без опасения за его здоровье. Применение экранов позволяет снизить потенциально опасные для здоровья уровни излучения до безопасных.

Под воздействием интенсивных полей наблюдаются сбои в работе электроники. Помехи, создаваемые мощными полями, могут вывести из строя интегральные микросхемы и полупроводниковые элементы.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3D-модель – виртуальная объемная геометрическая модель объекта, представляющая собой совокупность поверхностей, размещенных в трехмерном координатном пространстве.

CAE-система – программное обеспечение, позволяющее провести расчет поведения компьютерной модели в реальных условиях эксплуатации.

Контактно-металлические пружины – пружинные элементы предназначенные для установки в местах расстыковки частей конструктивных элементов и сохранения нужного уровня экранирования.

Шарнир – вращательный элемент, обеспечивающий вращение двух отдельных частей вокруг одной оси или точки.

Деформация – изменение исходной формы или размера твердого тела под действием нагрузок.

Нож (контактный нож) – элемент конструкции шлюзового узла обеспечивающий контакт при закрытие шлюзового узла.

1. Литературный обзор

1.1 Методы экранирования

Различают следующие методы экранирования: электростатический, магнитостатический и электромагнитный [7].

Электростатическое и магнитостатическое экранирование основано на коротком замыкании экрана (имеющего в первом случае высокую электропроводность, а во втором - магнитную проводимость) соответственно электрического и магнитного полей.

Электростатическое экранирование по существу сводится к замыканию электростатического поля на поверхности металлического экрана и удалению электрических зарядов на землю (к устройству). Заземление электростатического экрана является необходимым элементом в реализации электростатического экранирования.

Основная задача экранирования электрических полей заключается в снижении пропускной способности между экранированными конструктивными элементами. Следовательно, эффективность экранирования определяется в основном соотношением емкости соединения между источником и приемным датчиком до и после установки заземленного экрана. Поэтому любые действия, ведущие к снижению пропускной способности, увеличивают эффективность экранирования.

Экранирующий эффект металлического листа существенно зависит от качества соединения экрана с корпусом устройства и частей экрана друг с другом. Особенно важно не иметь соединительных проводов между частями экрана и корпуса.

В диапазоне метров и коротких длин волн подключение проводников длиной в несколько сантиметров может значительно ухудшить характеристики экранирования. На более коротких длинах волн в дециметровом и сантиметровом диапазонах подключение проводников и шин

между экранами не допускается. Чтобы получить высокую эффективность экранирования электрического поля, необходимо применять прямое непрерывное соединение отдельных частей экрана друг с другом [7, 11].

Узкие промежутки и отверстия в металлическом экране, размеры которых малы по сравнению с длиной волны, практически не ухудшают экранирование электрического поля.

На частотах выше 1 ГГц с увеличением частоты эффективность экранирования уменьшается.

Основные требования к электрическим экранам можно сформулировать следующим образом [7]:

- конструкцию экрана следует выбирать так, чтобы силовые линии электрического поля были замкнуты на стенках экрана, не выходя за его пределы;
- в низкочастотной области, на глубине проникновения (δ), превышающей толщину (d), то есть при $\delta > d$ эффективность электростатического экранирования практически определяется качеством электрического контакта металлического экрана с корпусом устройства мало что зависит от материала экрана и его толщины;
- в высокочастотной области при $\delta > d$ эффективность экрана, работающего в электромагнитном режиме, определяется его толщиной, проводимостью и магнитной проницаемостью.

При необходимости используется магнитостатическое экранирование для подавления помех на низких частотах от 0 до 3-10 кГц [7].

Основные требования к магнитостатическим экранам сводятся к следующему [7]:

- магнитная проницаемость μ материала экрана должна быть максимально высокой. Для изготовления экранов желательно

использовать магнитомягкие материалы с высокой магнитной проницаемостью (например, пермаллой);

- увеличение толщины стенок экрана приводит к повышению эффективности экранирования, однако при этом следует учитывать возможные конструктивные ограничения по массе и размерам экрана;
- стыки, разрезы и швы на экране должны располагаться параллельно линиям магнитной индукции магнитного поля, их количество должно быть минимальным;
- заземление экрана не влияет на эффективность магнитостатического экранирования.

1.2 Материалы для экранирования

Выбор материала экрана основан на обеспечении требуемой эффективности экранирования в заданном диапазоне частот при определенных ограничениях. Эти ограничения связаны с массогабаритными характеристиками экрана, его влиянием на экранируемый объект, механической прочностью и устойчивостью экрана к коррозии, технологичностью конструкции и т. Д.

Для изготовления экранов используются: металлические материалы, диэлектрические материалы, токопроводящее стекло с покрытием, специальные металлизированные ткани, токопроводящие краски.

Металлические материалы (сталь, медь, алюминий, цинк, латунь), используемые для экранирования, изготавливаются в виде листов, сеток и фольги. Все эти материалы удовлетворяют требованию коррозионной стойкости при использовании соответствующих защитных покрытий [7].

Для изготовления экрана целесообразно использовать следующие материалы [1]:

- маринированный стальной лист толщиной от 0,35 до 2,00 мм;
- оцинкованная листовая сталь толщиной от 0,35 до 2,00 мм;

- стальная тканая сетка № 0,4; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5;
- тканая стальная сетка № 3; 4; 5; 6;
- латунная сетка № 0,25; 0,5; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 2,6.

Наиболее технологически передовыми являются конструкции из стальных сит, так как сварка и пайка могут широко использоваться при их изготовлении и монтаже. Металлические листы должны быть электрически связаны друг с другом по периметру. Шов электросварки или пайки должен быть непрерывным, чтобы получить цельносварную конструкцию экрана. Толщина стали выбирается исходя из цели конструкции экрана и условий его сборки, а также возможности обеспечения непрерывных сварных швов при изготовлении [7].

Стальные экраны обеспечивают ослабление электромагнитного излучения более чем на 100 дБ.

Сетчатые экраны проще в изготовлении, удобны для сборки и эксплуатации. Чтобы защитить сетку от коррозии, желательно нанести антикоррозийный лак. К недостаткам сетчатых экранов относятся низкая механическая прочность и более низкая эффективность экранирования по сравнению с листовым.

Для сетчатых экранов подходит любая сварная конструкция, которая обеспечивает хороший электрический контакт между соседними панелями сетки не менее 10-15 мм. Для этой цели можно использовать пайку или точечную сварку.

Экран из луженой сетки из низкоуглеродистой стали с ячейкой 2,5-3 мм обеспечивает затухание примерно 55-60 дБ, а такого же двойного (с расстоянием между внешней и внутренней сеткой 100 мм) примерно 90 дБ. Экран из одиночной медной сетки с ячейкой 2,5 мм имеет затухание порядка 65-70 дБ [1].

Диэлектрические материалы также используются в качестве основы для создания экранов. Одни только диэлектрики не могут

экранировать электромагнитные поля. Поэтому они чаще всего встречаются в сочетании либо с проводящими включениями, либо с дополнительными металлическими элементами и структурами [7].

Используя вакуумное осаждение, можно нанести слой меди, никеля или серебра толщиной 4-5 микрон.

Металлизированные поверхности может использоваться для экранирования отдельных отсеков электронного и электронного оборудования при наличии неметаллических несущих конструкций, пластиковых корпусов оборудования и т. Д. Контакты могут быть припаяны к металлизированным поверхностям и заземлены и соединить другие цепи.

Проводящие краски созданы на основе диэлектрического пленкообразующего материала с добавлением проводящих компонентов, пластификатора и отвердителя. В качестве проводящих компонентов используются графит, сажа, коллоидное серебро, оксиды металлов, порошкообразная медь, алюминий [7].

Стекла с проводящим покрытием должны обеспечивать требуемую эффективность экранирования, когда их оптические характеристики ухудшаются не ниже заданных граничных значений. Электрические и оптические свойства стекол с проводящим покрытием зависят от природы оксидов, из которых состоит пленка, условий и способов ее нанесения, а также от свойств самого стекла. При условии, что поддерживается прозрачность стекол с потерями не более 20% и обеспечивается достаточная электропроводность, толщина пленки покрытия может варьироваться в широком диапазоне от 0,5 до 3 мкм. Наиболее широко используются пленки на основе оксида олова, оксида индия и олова и золота, поскольку они обеспечивают наибольшую механическую прочность, химически стабильны и плотно связаны со стеклянной подложкой [6, 7].

Стекла с проводящим покрытием в основном используются в экранированных камерах, когда необходимо обеспечить освещение в них.

Стекла с проводящим покрытием, выпускаемые промышленностью, имеют поверхностное сопротивление не менее 6 Ом с уменьшением прозрачности не более 20%. Эффективность экранирования таких стекол в радиодиапазоне составляет около 30 дБ [7]. Специальные металлизированные ткани содержат в своей структуре металлические нити или специальные токопроводящие покрытия, наличие которых приводит к отражению электромагнитных волн. Такие ткани предназначены для защиты от электромагнитных полей.

1.3 Экранированные камеры и помещения

Как правило, экранирование обычных помещений является низким из-за наличия в них окон, дверей и вентиляционных отверстий, поэтому их экранированию необходимо уделять приоритетное внимание.

Для экранирования дверей в основном используется листовая сталь, а на окнах установлена одно- или двухслойная медная сетка с размером ячеек не более 2х2 мм, а расстояние между слоями сетки должно быть не менее 50 мм. Сетки удобнее делать в металлическом каркасе.

В экранированных помещениях также можно установить металлизированные оконные рамы со стеклом, на которые нанесено специальное проводящее покрытие. Эффективность экранирования таких очков в радиодиапазоне составляет около 30 дБ.

Для повышения эффективности экранирования можно использовать шторы из металлизированной ткани.

Для улучшения качества экранирования вентиляционных отверстий в них установлены экраны, представляющие собой сотовые конструкции, закрывающие вентиляционное отверстие, с прямоугольными, круглыми, шестиугольными ячейками. Для

достижения эффективного экранирования размеры ячеек должны составлять менее одной десятой длины волны.

Если необходимо увеличить экранирование помещения более чем на 20-25 дБ, необходимо дополнительно защитить не только двери, но и ограждающие конструкции (стены, пол, потолок), а также установить рольставни на окна. Такие помещения уже можно назвать экранированными.

Степень экранирования помещения зависит от используемых средств экранирования и может составлять от 40 до 60 дБ при наличии окон в комнате и до 100 дБ при их отсутствии.

На практике экранирование электромагнитных волн более 60 дБ может быть обеспечено только в специальных экранированных структурах или в экранированных камерах [2, 9].

Экранированные конструкции изготавливаются из сплошных стальных листов, соединенных электродуговой сваркой.

Экранированная структура обеспечивает ослабление электромагнитной энергии 60-120 дБ в диапазоне частот от 10 кГц до 37500 МГц или более [2].

В экранированных зданиях (камерах), экранированных дверях, технологических проемах, системах управления и сигнализации для экранированных дверей, шумопоглощающих фильтрах (электрические, воздуховоды, трубопроводы, свет, телекоммуникации), систем вентиляции и кондиционирования, систем пожарной сигнализации, дымоудаления и установлены автоматические системы пожаротушения [9].

1.4 Аспекты, которые необходимо учитывать при проектировании экранированных корпусов

1.4.1 Материалы и стойкость к коррозии

Самыми дешевыми материалами для электромагнитной защиты являются оцинкованная сталь и алюминий. На сегодняшний день примерно

90% всех шкафов и корпусов изготовлены из этих материалов. Когда материал используется в агрессивной среде, лучше не допускать его контакт с нержавеющей сталью, латунью или хромом алюминия. Защита от коррозии очень важна для применений вблизи моря (из-за соли) и для наружных работ. Также важно, чтобы материал уплотнителя был совместим с материалом используемой конструкции / корпуса (рисунок 1.1).

1.4.2 Толщина материала корпуса

Толщины 0,1 мм должно быть достаточно для эффективного экранирования от частот выше 1 МГц. На более низких частотах, таких как 30 кГц и менее, необходимо использовать материалы с хорошей магнитной проводимостью (а также электрической проводимостью при работе с вихревыми токами), и большей толщиной. Например, военный бункер с электромагнитной защитой изготовлен из материала толщиной 6 мм. Эти бункеры экранируют частоты 10 кГц с затуханием 80 дБ. Если для ограничения влияния трансформатора требуется экранирование от частот около 50 Гц (что может нанести вред здоровью или повлиять на работу системы машин), то следует рассмотреть возможность использования плотных металлических слоев и специального материала, называемого муфферро. [12]

Муфферро представляет собой н мягкий ферромагнитный сплав никеля и железа с очень высокой проницаемостью, который используется для защиты чувствительного электронного оборудования от статических или низкочастотных магнитных полей. Имеет несколько композиций. Одна такая композиция содержит приблизительно 77% никеля, 16% железа, 5% меди и 2% хрома или молибдена.

1.4.3 Предотвращение зазоров в корпусах

При частотах выше 5 кГц особенно важно предотвращать зазоры в корпусе. Высокие частоты в диапазоне от 100 МГц до 40 ГГц очень чувствительны к небольшим зазорам в корпусе. Чем выше частота, тем больше внимания следует уделять предотвращению зазоров в экране. Поэтому используются мягкие и гибкие уплотнители. Уплотнитель должен не только обеспечивать высокую проводимость, но и обеспечивать постоянный электрический контакт с корпусом в сочетании с низкой силой сжатия.

1.4.4 Расстояние между креплениями, петлями и замками

Существуют специальные эластичные уплотнители, такие как Ultra Soft Shield и V-образные уплотнители. Эти уплотнители предотвращают любой изгиб между точками крепления и около петель. Они являются экономически эффективным решением, поскольку нет необходимости вносить фундаментальные изменения в корпус и нет необходимости в дополнительных крепежных элементах.

1.5 Гальваническая коррозия

Чтобы предотвратить гальваническую коррозию, которая подрывала бы электропроводность внутри конструкции, проводящий слой на внешней стороне уплотнителя должен находиться в том же гальваническом диапазоне, что и конструкционные материалы. Обычно используемые критерии: не более 0,3 Вольт для суровых условий (солевые брызги / выветривание) и не более 0,5 Вольт для безвредных сред (внутри помещений, только без конденсации соли).

Enclosure material	Volts	Gasket material		
		Amucor shield	Ultra Soft shield/Monel	Tinned copper
Zinc die-casting alloy	-1.10			
Zinc plating on steel, chromate passivated	-1.05			
Cadmium plating on steel	-0.80			
Aluminium, wrought, cast A1	-0.75			
Iron and steel: not corrosion resisting	-0.70			
Aluminium alloy/Amucor	-0.65	*		
Duralumin	-0.60			
Tin plate (T.C.S.)	-0.50			*
Tin plating on steel	-0.45			
Chromium plating on nickel plated steel	-0.45			
Iron and steel: corrosion resisting, 12% Cr	-0.45			
Iron and steel: corrosion resisting, high Cr	-0.35			
Copper and its alloys, conductive fabric	-0.25-		*	
Nickel-copper alloys, inc. Monel	-0.25			
Silver	0			
Carbon (colloidal graphite in acetone)	+0.10			
Gold	+0.15			
Platinum	+0.15			

Рисунок 1.1 Таблица соответствия материала уплотнителя и материала корпуса.



Рисунок 1.2 Примеры корпусов

Контактная поверхность в пределах того же гальванического диапазона, что и у проводящего покрытия уплотнителя, обеспечивается токопроводящей лентой с самоклеющимся проводящим проводом. Если корпус должен быть окрашен, лента может быть снабжена малярной лентой немного меньшей ширины (краска будет покрывать проводящую ленту по ее

краям, что обеспечивает устойчивость к склеиванию и коррозии) (рисунок 1.3).

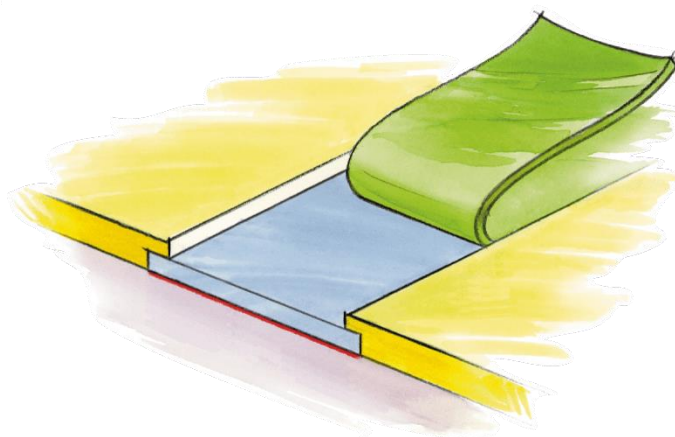


Рисунок 1.3 Экранирующая лента и маскирующая лента

Другим способом во избежание гальванической коррозии является предотвращение коррозионного воздействия окружающей среды на уплотнитель, защищающую от электромагнитных помех, например, с помощью уплотнителя, которая сочетает в себе водонепроницаемое уплотнение с защитой от электромагнитных помех (рисунок 1.4).

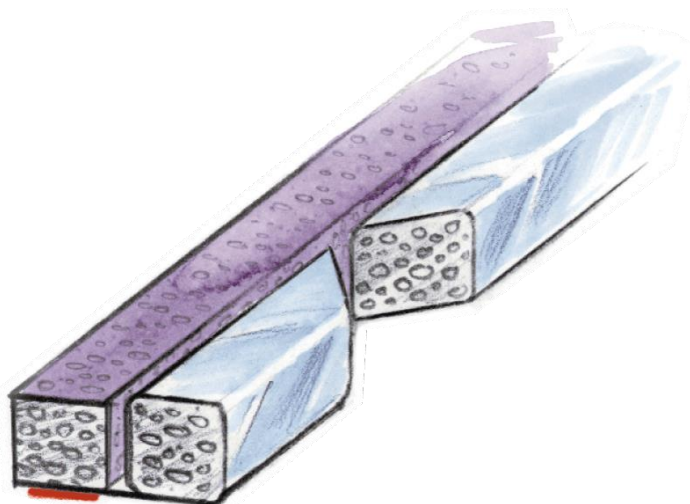


Рисунок 1.4 Водонепроницаемые уплотнители для резьбовых соединений

Некоторые производители уплотнителей, защищающих от электромагнитных помех, используют слои, которые содержат углерод на внешней стороне уплотнителя, чтобы предотвратить коррозию. К сожалению,

эти углеродисто-слоистые уплотнители гальванически не совместимы со многими обычно используемыми строительными материалами, что будет приводить к коррозии на контактных поверхностях конструкции.

1.6 Электромагнитное излучение и частота

Электромагнитные помехи могут передаваться излучением и/или проводимостью. Проводимость играет важную роль при частотах ниже 30 МГц. Для предотвращения нежелательных воздействий низких частот кабели и корпуса должны быть экранированы магнитопроводящими материалами. Чем ниже частота, тем толще должно быть экранирование. Для высоких частот (40 МГц) достаточно очень тонкого слоя высоко проводящего материала.

1.7 Экранирование дверей и крышек

Для экранирования дверей и крышек важно использовать уплотнители с правильной упругостью. Если уплотнитель слишком жесткий, крышка или дверца могут не закрываться герметично, что приводит к небольшим зазорам, в результате чего корпус теряет способность защищать от более высоких частот. Безупречный контакт между дверью (и другими отверстиями) и остальной частью корпуса имеет решающее значение для поддержания целостности экрана для более высоких частот.

1.7.1 Предотвращение зазоров в корпусах и дверях

При частотах выше 5 кГц особенно важно предотвращать зазоры в корпусе. Высокие частоты в диапазоне от 100 МГц до 40 ГГц очень чувствительны к небольшим зазорам в корпусе. Чем выше частота, тем больше внимания следует уделять предотвращению зазоров в экране. Поэтому используются мягкие и гибкие уплотнители. Уплотнитель должен не только обеспечивать высокую проводимость, но и обеспечивать постоянный электрический контакт с корпусом в сочетании с низкой силой сжатия.

1.7.2 Расстояние между креплениями, петлями и замками

Существуют специальные эластичные уплотнители, такие как Ultra Soft Shield и V-образные . Эти уплотнители предотвращают любой изгиб между точками крепления и около петель. Они являются экономически эффективным решением, поскольку нет необходимости вносить фундаментальные изменения в корпус и нет необходимости в дополнительных крепежных элементах. Ниже приведены некоторые примеры конструкций с уплотнителями. Каждая конструкция требует правильного типа уплотнителя.

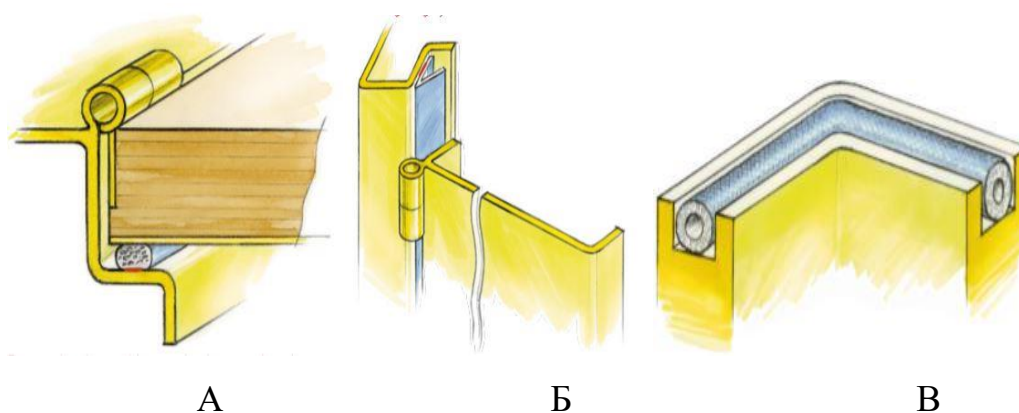


Рисунок 1.5 Уплотнители:

- а) Ultra soft shield серии 7400 для деревянных дверей;
- б) V-образный уплотнитель серии 8700 для металлических дверей клетки Фарадея;
- в) Электропроводящий, резиновый, водонепроницаемый О-профиль.

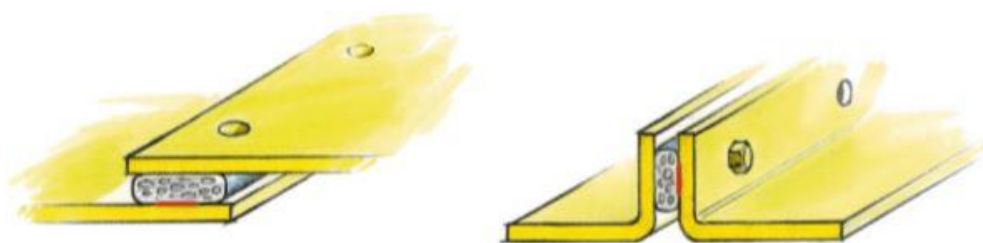


Рисунок 1.6 Уплотнители:

Стандартная прокладкой 7000 серии для крышек с резьбой



Рисунок 1.7 Уплотнители:

Непрерывный уплотнитель 8000 серии, также может быть водонепроницаем

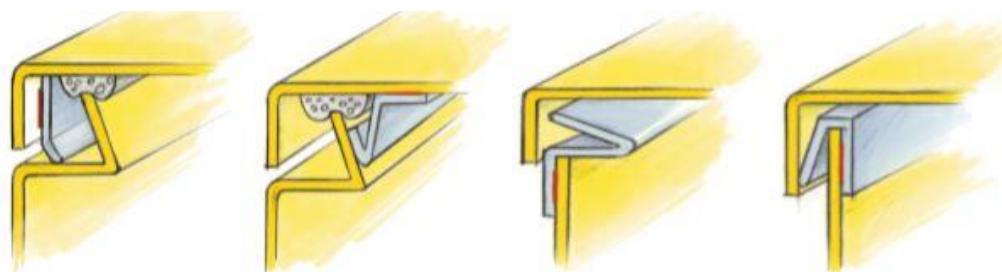


Рисунок 1.8 Уплотнители:

Нестандартные уплотнители для исключительных случаев.

1.8. Экранирование подвижных соединений

1.8.1 Сложности при экранирование подвижных соединений

Экранирование подвижных соединений имеет отличие от экранирования остальных элементов камер с электромагнитной защитой. Так как эти соединения подвергаются следующим факторам:

- динамические воздействия;
- интенсивное использование;
- отсутствие возможности избежание зазоров.

Исходя из сложностей при проектировании должны учитываться следующие аспекты:

1. Прочность подвижных элементов в составе дверных узлов должна соответствовать требованиям эксплуатации данной экранированной камеры.
2. Изнашивание материала для изготовления дверных узлов не должно происходить до окончания срока службы экранированной камеры.
3. Удобство использования двери экранированной камеры должно учитываться из-за интенсивного использования.

1.8.2 Контактно-металлические пружины

Контактно-металлические пружины «Clip-on mounting fingerstrips 2100» (рисунок 1.10).

Эта серия предназначена для использования в тех случаях, когда высокая температура или другие конструктивные особенности не позволяют использовать клейкую прокладку. Система установки подходит для обеспечения герметизации между дверью и дверным проемом. [12]

Преимущества:

- Низкая сила сжатия;
- Полное восстановление до исходного размера при сжатии меньше 60%;
- Высокий срок службы.

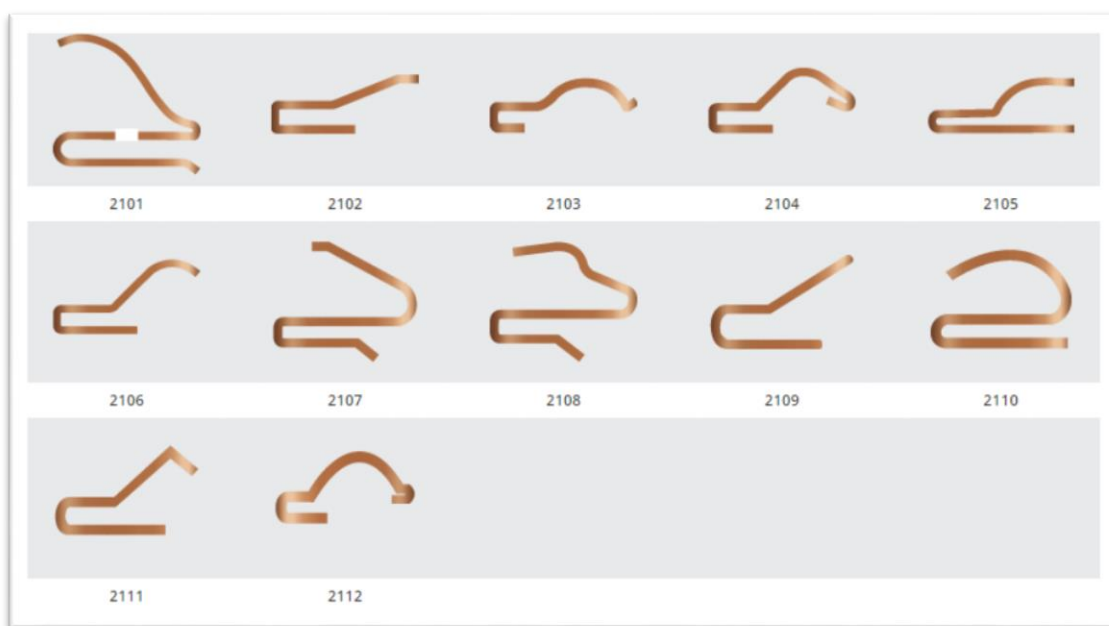


Рисунок 1.9 Профили металлических пружин «Clip-on mounting fingerstrips 2100»

Данные пружины имеют низкую силу сжатия, а также практически не имеют трения при сжатии. Используются для:

- Ручки передней панели;
- Двери в экранированных корпусах;
- Панели в экранированных корпусах;
- Крышки экранированных корпусов

1.8.3 Способы экранирования подвижных соединений

Наиболее распространённый тип экранирования узлов на данный момент — это контактно-металлические пружины типа «FingerStock» (Рисунок 1.10). Также дверь снабжается специальным «ножом» для более плотной герметичности.

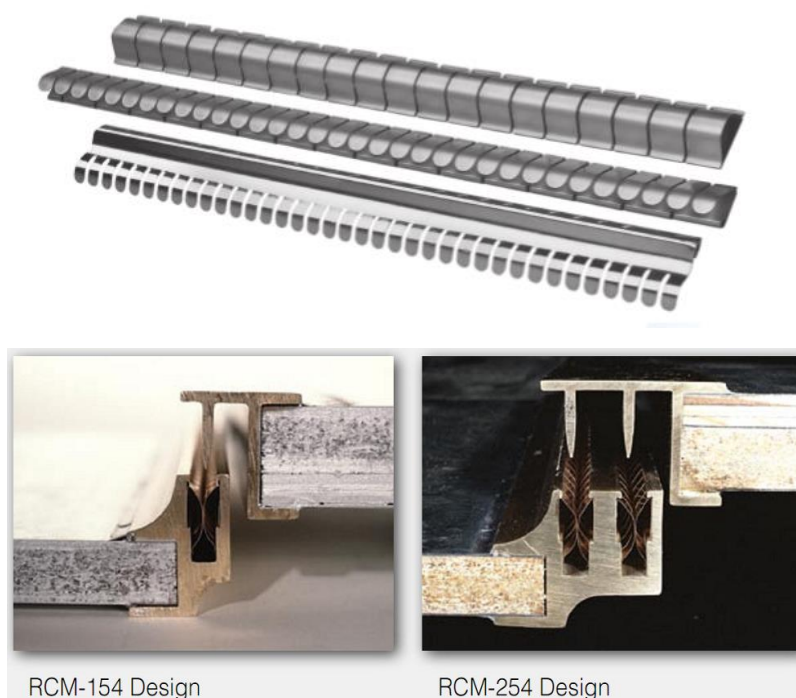


Рисунок 1.10 Контактно-металлические пружины и «ножи»
при контакте с ними

Эти универсальные элементы изготовлены из высокопроизводительной бериллиевой бронзы. Они обеспечивают чрезвычайно плотное, мгновенное соединение и идеально подходят в качестве универсальной контактной полосы для металлических

шкафов и электронных шкафов, особенно там, где пространство имеет решающее значение. При тестировании электромагнитного экранирования, эти полосы показали превосходную производительность при минимальном сжатии. Они оказались особенно эффективными в тех случаях, когда существуют различия в экранируемом пространстве и в тех случаях, когда требуется высокая эффективность экранирования, несмотря на частое открывание и закрывание корпуса. [2]

Способы установки (рисунок 1.10) данных элементов подходят в большинстве случаев для всех видов конструкций. [16]

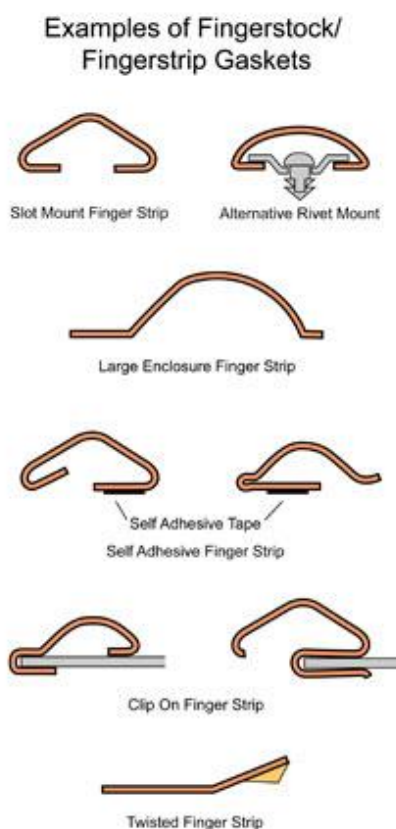


Рисунок 1.9 Контактно-металлические пружины

2.Проектирование шлюзового узла

2.1Анализ исходной конструкции

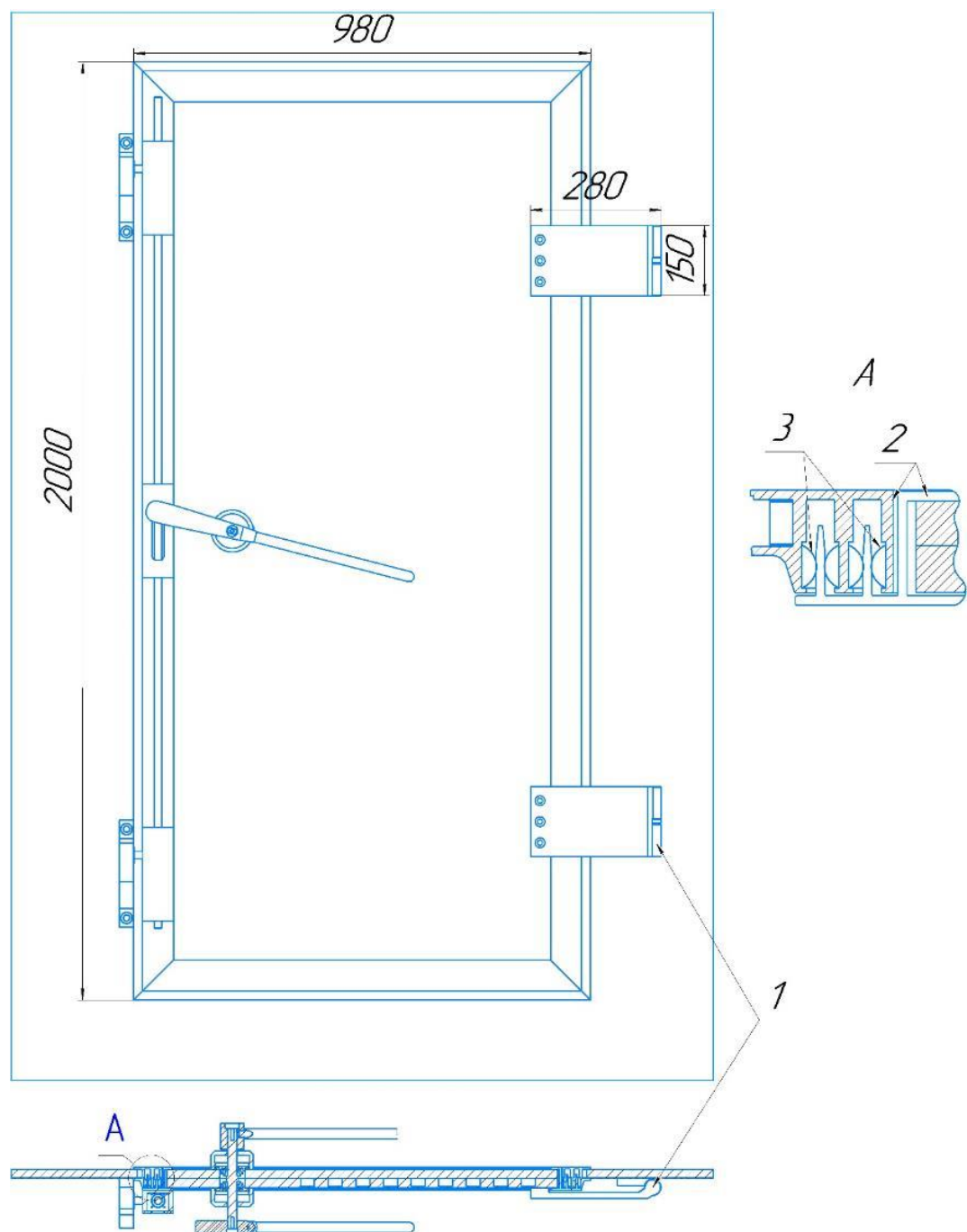


Рисунок 2.1 Эскиз шлюза камеры с электромагнитной защитой

В данной работе исследуется шлюзовой узел камеры с электромагнитной защитой (Рисунок 2.1).

Основным компонентами данной конструкции (Рисунок 2.1) являются:

1. Шарнир;
2. Профиль;
3. Контактно-металлические пружины.

Недостатками существующей конструкции являются большое усилие закрывания, интенсивный износ пружинных элементов и необеспечение требуемого уровня экранирования вследствие перекоса полотна двери относительно короба двери. Существующее усилие для закрытия двери, согласно исходным данным, составляет 60 кгс. Данное усилие делает использование двери тяжелым и неудобным, из-за потребности в приложении больших усилий для открытия и закрытия. Также данное усилие приводит к быстрому износу металлических пружин, и, следовательно, к появлению зазоров в экранируемом соединении.

Для совершенствования шлюзового узла и устранения вышеуказанных недостатков необходимо решить следующие задачи:

- определить форму и размеры профиля полотна и короба двери для обеспечения требуемой величины предварительного натяга пружинных элементов, жесткости профиля и минимизации его массы;
- минимизировать усилие закрывания двери за счет изменения шарнира;
- определить типоразмер и способ установки контактно-металлических пружин с целью обеспечения их правильной работы;
- снизить массу шлюзового узла.

2.2 Изменение схемы установки контактно-металлических пружин

Усилие закрытие двери напрямую зависит от типа контактно-металлических пружин, а также способа их установки.

В исходном варианте металлические пружины установлены как показано на рисунке 2.4. Контактно-металлическая пружина PECF 127500, установленная таким образом в используемый профиль, работает с деформацией в 5 мм, что является избыточным, т.к. определено, что

достаточной деформацией контактно-металлической пружины для обеспечения качественного экранирования является 2 мм.

Используемый тип контактно-металлических пружин нецелесообразно использовать в профиле с данными размерами вследствие слишком большой деформации. Выбор контактно-металлических пружин меньшего размера поможет избежать больших деформаций, а, следовательно, положительно скажется на снижении усилия закрытия, а также снижении износа самих пружин.

Также стоит рассмотреть сведения о механических свойствах, представленные в каталоге производителя (таблица 2.1):

Таблица 2.1 Механические свойства в каталоге производителя

Модуль упругости	Температура плавления	Электропроводность /удельное сопротивление	Плотность	Коэффициент теплового расширения	Теплопроводность (25°C)
131ГПа	870 °C	6.2-7.8 См	8,36г /см ³	17,0 × 10 ⁻⁶ м /м°C	105 Вт/м× К

Значение жесткости контактно-металлической пружины не приведено в каталоге производителя. Так как жесткость контактно-металлической пружины имеет прямое влияние на усилие закрывания, следует определить этот параметр экспериментально.

Формула для определения жесткости контактно-металлической пружины:

$$F = k\Delta X \quad (1)$$

где

F – прилагаемая сила;

k – жесткость пружины;

ΔX – удельное сжатие или удлинение.

В эксперименте используются контактно-металлические пружины PECF 395301 и PECF 395500.

Для проведения эксперимента (рисунок 2.2) закрепляем клейкой лентой контактно-металлическую пружину (2) на поверочной плите (1), на которой установлен кондуктор (3) и индикаторная головка в стойке (4). Изначально нагружаем контактно-металлическую пружину грузом m_1 (5), и касаемся ножкой индикатора бокового действия (4) нижней поверхности груза. Далее контактная металлическая пружина нагружается грузами m_2 и т.д. и индикатором фиксируется деформация пружины при каждой нагрузке.

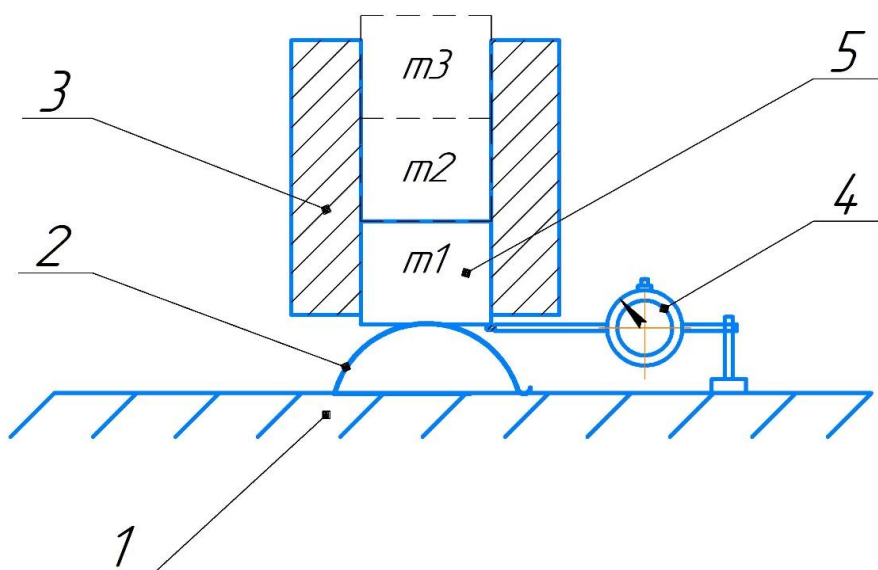


Рисунок 2.2 Схема измерения жесткости контактно-металлической пружины

Полученные данные заносим в таблицу 2.2. и строим зависимость.

Таблица 2.2 Экспериментально полученные данные

Грузы F Н	Относительное сжатие ΔX мм		Жесткость Пружины k	
	PECF 395301	PECF 395500	PECF 395301	PECF 395500
1	0,08	0,06	1,25	1,67
5	0,38	0,30	13,16	16,67
10	0,77	0,61	12,99	16,39
15	1,15	0,91	13,04	16,48

20	1,53	1,22	13,07	16,39
25	1,92	1,52	13,02	16,44
30	2,30	1,83	13,04	16,39

Зависимость согласно полученным экспериментальным данным показана на рисунке 2.3.

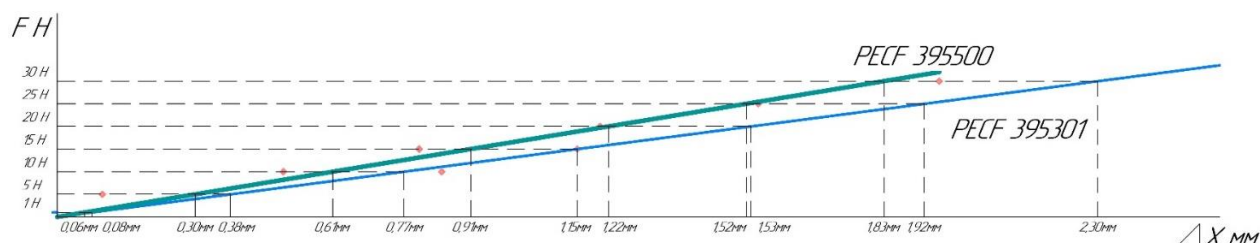


Рисунок 2.3 Схема измерения жесткости контактно-металлической пружины

Из графика (рис. 2.3) видно, что зависимость деформации от нагрузки линейна и ее характер примерно одинаков для обоих пружинных элементов, жесткость приблизительно равна 145 ± 15 г/мм. Контактно-металлическая пружина PECF 395301 имеет немного меньшую жесткость чем PECF 395500, поэтому она принимается в качестве окончательного варианта.

Изменение варианта размещения контактно-металлических пружин также может оказать положительный эффект на усилие закрытия двери. Так в исходном варианте (рисунок 2.4, а) предлагается «встречное» размещение контактно-металлических пружин. В этом случае, при закрытии двери ножевой элемент полотна вдвигается между пружинными элементами, деформируя их, и заставляя двигаться свободный конец пружины навстречу ножевому элементу. Таким образом пружинные элементы, во время своей деформации, будут стараться вытолкнуть ножевой элемент, что приведет к увеличению силы закрывания.

Для проверки данного предположения был проведен эксперимент по определению усилия смыкания профилей стены и

двери при различных схемах установки пружинных элементов в профиле стены.

Во время смыкания профили перемещались прямолинейно, а не по дуге окружности; длина профиля составляла 100 мм; количество пружинных элементов, установленных в обоих пазах профиля стены, составляло 40 шт. Схема установки пружинных элементов показана на рисунок 2.4.

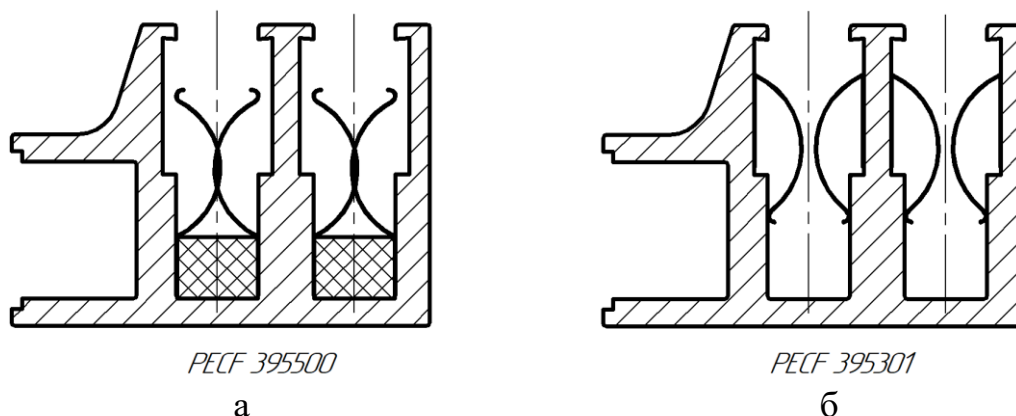


Рисунок 2.4 Схема установки контактно-металлических пружин: а) встречное; б) предлагаемое

Деформация пружинных элементов PECF 395500 составляла примерно 1,7 мм, деформация пружинных элементов PECF 395301 составляла примерно 1,0 мм. Усилие смыкания в первом случае составило 23,4 Н, усилие смыкания во втором случае – 7,4 Н. Учитывая величину деформации в обоих случаях, можно сказать, что для случая, когда деформация обоих типов элементов одинакова, усилие смыкания для пружинных элементов PECF 395500 больше усилия для пружинных элементов PECF 395301 примерно в 2 раза.

Таким образом, схема установки пружинных элементов в пазах профиля оказывает существенное влияние на характер деформации пружинных элементов и величину усилия смыкания.

Вариант с заневоливанием контактно-металлических пружин в профиле (рисунок 2.5, б) образует замкнутый контур, при котором свободный конец пружинного элемента лишен свободы перемещения под действием

нагрузки. При таком варианте жесткость пружинного элемента резко возрастает, следовательно, увеличивается усилие смыкания профилей.

Эксперимент по определению усилия смыкания при такой установке пружинных элементов РЕСФ 395301 показал, что усилие равно 38,8 Н.

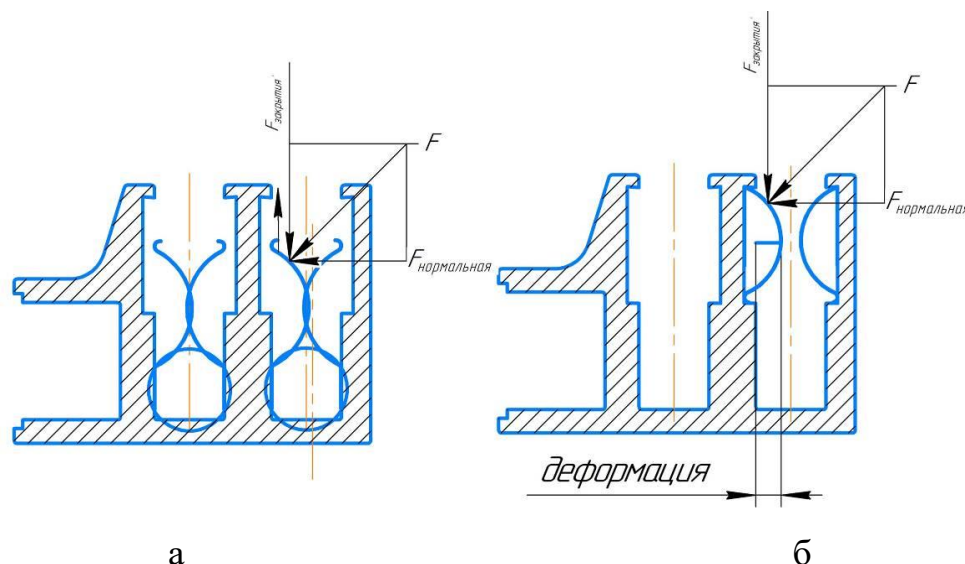


Рисунок 2.5 Исходное размещение контактно-металлических пружин: а) встречное; б) заневоленное

Таким образом можно сделать вывод, что усилие смыкания профилей сильно зависит от способа установки пружинных элементов в профиле. Для двери с периметром 6 метров (высота – 2 м, ширина – 1 м) усилие смыкания для «заневоленного», встречного и предлагаемого вариантов составит 233, 140 и 45 кгс соответственно.

Отсюда следует, что наилучшим способом установки контактно-металлических пружин является способ, показанный на рисунке 2.6.

При таком размещении контактно-металлических пружин обеспечивается наименьшее усилие закрывания из трех вариантов установки пружин.

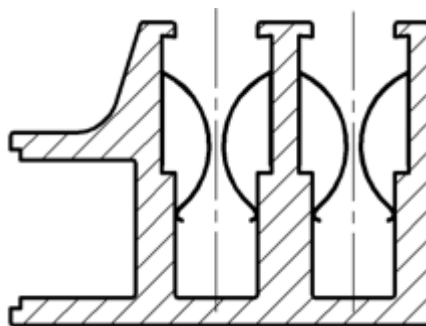


Рисунок 2.6 Предлагаемый вариант размещения контактных металлических пружин

Выбор контактно-металлической пружины PECF 395301 и способа установки данной контактно-металлической пружины (рисунок 2.5) ощутимо снизит усилие закрывание.

2.3 Перепроектирование шарнира двери

Подробное рассмотрение кинематики движения полотна двери (рисунок 2.7) показывает, что при соприкосновении полотна с контактно-металлическими пружинами, основная нагрузка приходится только на одну контактно металлическую пружину (рисунок 2.8), которая испытывает деформацию, значительно превосходящую рабочую.

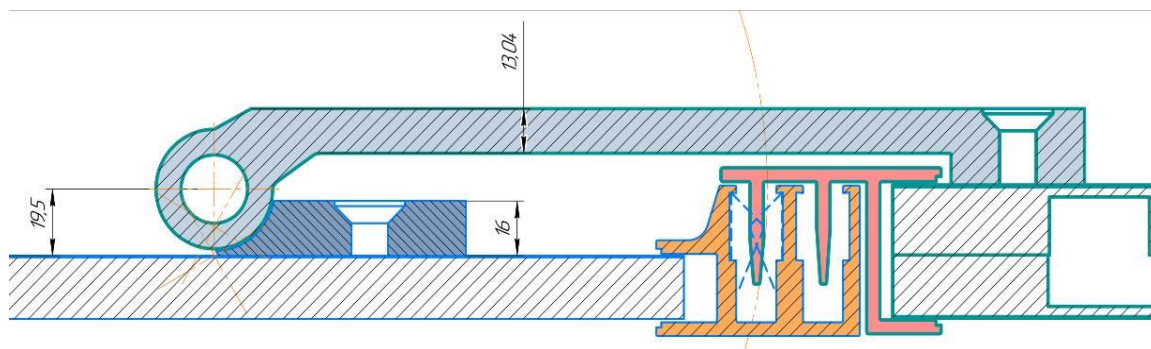


Рисунок 2.7 Траектория движения полотна

Исходная траектория движения ножа полотна относительно контактных металлических пружин приводит к чрезмерному износу пружин, расположенных в дальнем от оси шарнира ряду.

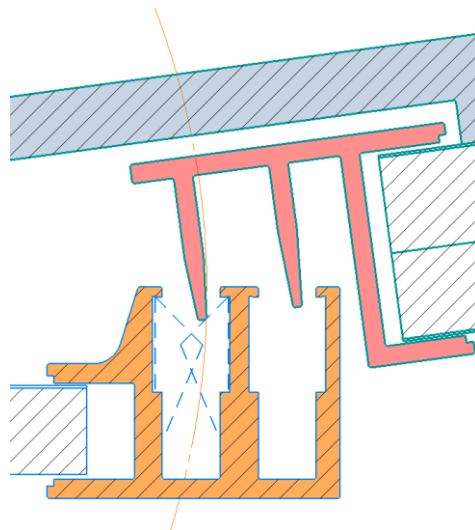


Рисунок 2.8 Момент соприкосновения ножа полотна с
контактной металлической пружиной

Для равномерного распределения нагрузки между контактно-металлическими пружинами следует найти такую траекторию движения полотна, при котором оно будет нагружать обе контактно-металлические пружины в момент соприкосновения и не вызывать чрезмерной деформации ни одной из них.

Очевидно, что для исключения чрезмерной деформации пружинных элементов необходимо, чтобы линия траектории движения ножа располагалась симметрично относительно вертикальной линии А, проходящей через точку контакта двух пружин, как показано на рисунке 2.9.

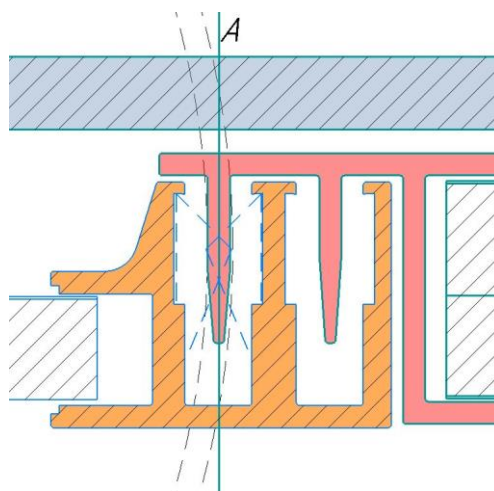


Рисунок 2.9 Линия контакта двух контактных металлических пружин

Для изменения траектории движения полотна двери следует изменить положение оси шарнира, так, чтобы положение оси шарнира было выровнено относительно линии контакта ножа с пружинными элементами как показано на рисунке 2.10. Данный вариант взаимного размещения шарнира и линии контакта обеспечивает наименьший размах радиусов движения точек ножа, а, следовательно, и меньшую деформацию пружинных элементов, особенно в начальный момент касания ножом пружинных элементов; рабочая деформация пружинных элементов при этом практически не изменится, но усилие закрытия уменьшится. Вероятность повреждения пружинных элементов при этом также будет ниже.

Данное изменение положения оси шарнира потребует изменения конструкции профиля короба двери в части его крепления к полотну стены.

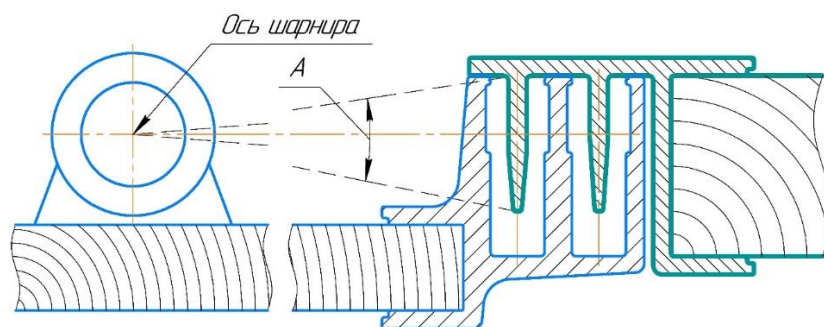


Рисунок 2.10 Эскиз и изменением положения шарнира

Анализ промышленных образцов дверей электромагнитной защиты показал, что большой вес двери вкупе с большим усилием закрытия двери приводит к быстрому износу и выходу из строя шарниров двери. Что, в свою очередь, приводит к постепенно увеличивающемуся перекосу полотна двери относительно профиля короба двери и чрезмерному нагружению и преждевременному выходу из строя пружинных элементов. Для предотвращения указанных негативных изменений в конструкции и работе дверного узла и, следовательно, увеличения срока эксплуатации и улучшения экранирования следует рассмотреть силовую схему, действующую на шарниры дверного узла (рисунок 2.11). Усилие закрытия в данной схеме не

учитывается, рассматривается только вес двери, определяемый следующим образом:

$$F_{\text{тяж}} = mg = 120 \text{ кг} * 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1176 \text{ Н}, \quad (2)$$

где $m=120$ кг, масса двери согласно исходным данным;

$g=9,8$ – ускорение свободного падения, м/с^2 .

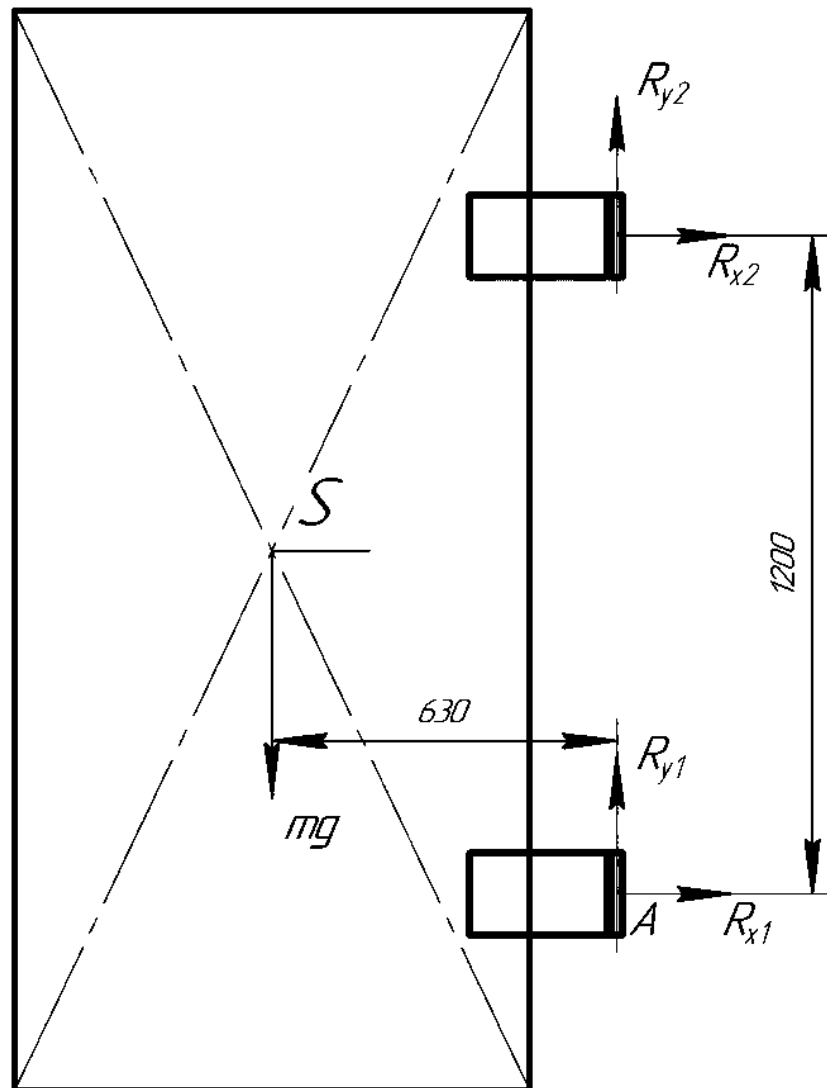


Рисунок 2.11 Силовая схема

Расстояние от центра масс до оси шарнира $l_1 = 630$ мм, расстояние между центрами шарниров $l_2 = 1200$ мм. Согласно этим, данным уравнение равновесия сил относительно опоры в точке А:

$$mg * l_1 = R_{x2} * l_2 \quad (3)$$

$$R_{x2} = R_{x1} = \frac{mg \cdot l_1}{l_2} = \frac{1176 \text{ Н} \cdot 630 \text{ мм}}{1200 \text{ мм}} = 617,4 \text{ Н}$$

Реакции в осевом направлении R_{y1} и R_{y2} равноудалены от центра масс в точке S, поэтому их можно считать равными половине веса двери в 1200 Н или же:

$$R_{y1} = R_{y2} = 600 \text{ Н}$$

Для совершенствования данных шарниров стоит рассмотреть существующие аналоги (рисунок 2.10).

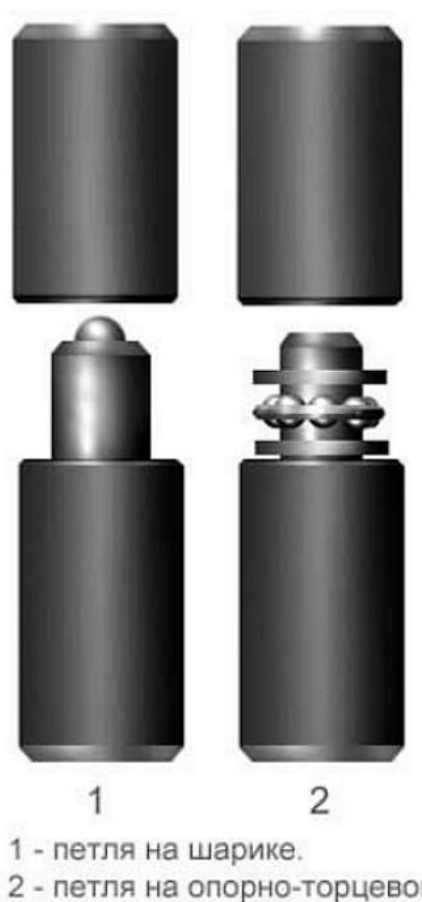


Рисунок 2.12 Шарниры, оснащенные подшипниками качения для тяжелых металлических дверей

В существующих аналогах между частями шарнира устанавливается подшипник или же шарик рисунок 2.10. Шарик внутри петли работает, как простейший подшипник. Срок службы петель существенно возрастает и

снижается вероятность выхода петли из строя. Однако, шарик постоянно испытывает нагрузку в половину веса всей двери.

Есть логичное развитие конструкции петли с шариком — это петли с подшипником. При такой конструкции происходит перенос веса полотна на все шарики, опирающиеся на каленые кольца. Сам по себе упорный подшипник как раз и предназначен для осуществления вращения трущихся деталей под осевой нагрузкой. Подшипник способен выдерживать большие осевые нагрузки при высокой плавности хода. Для его замены достаточно просто открыть дверь, снять полотно и, предварительно удалив старую деталь, установить новую. Недостатком петель с подшипником в предложенной схеме установки рисунок 2.11 является сложность регулярного смазывания так как, дверь нужно будет полностью снимать с петель. [14]

Исходя из исходных размеров шарниров и рассчитанных реакций можно подобрать подшипники для шарниров чтобы компенсировать осевую нагрузку. Для установки упорно-радиального подшипника в шарниры, наружный диаметр этого подшипника должен быть меньше 18 мм. Согласно ГОСТ 7872-89, подшипник 1008096 с размерами $d=6\text{мм}$, $D=16\text{мм}$ и $H=7\text{мм}$ удовлетворяет нужным условиям.

Посадочные поверхности под подшипники и торцовые поверхности запечиков валов и корпусов должны быть тщательно обработаны во избежание смятия и среза микронеровностей в процессе запрессовки и эксплуатации, а также появления коррозии. Допускается значение параметра шероховатости R_a посадочных мест и опорных торцов запечиков на валах и в корпусах, выполненных из стали, для малонагруженных подшипников класса точности 0, принимать не более 2,5 мкм для диаметров сопряжений до 80 мм.

Радиальные нагрузки могут приводит к перекосам и, следовательно, зазорам в экранировании. Для увеличения срока

эксплуатации, следует установить ещё один подшипник для радиальных нагрузок в шарнир. Подшипник I-ВК 061008 ГОСТ 4060-78 с диаметром окружности, вписанной в комплект роликов 6 мм, подходит для данного шарнира.

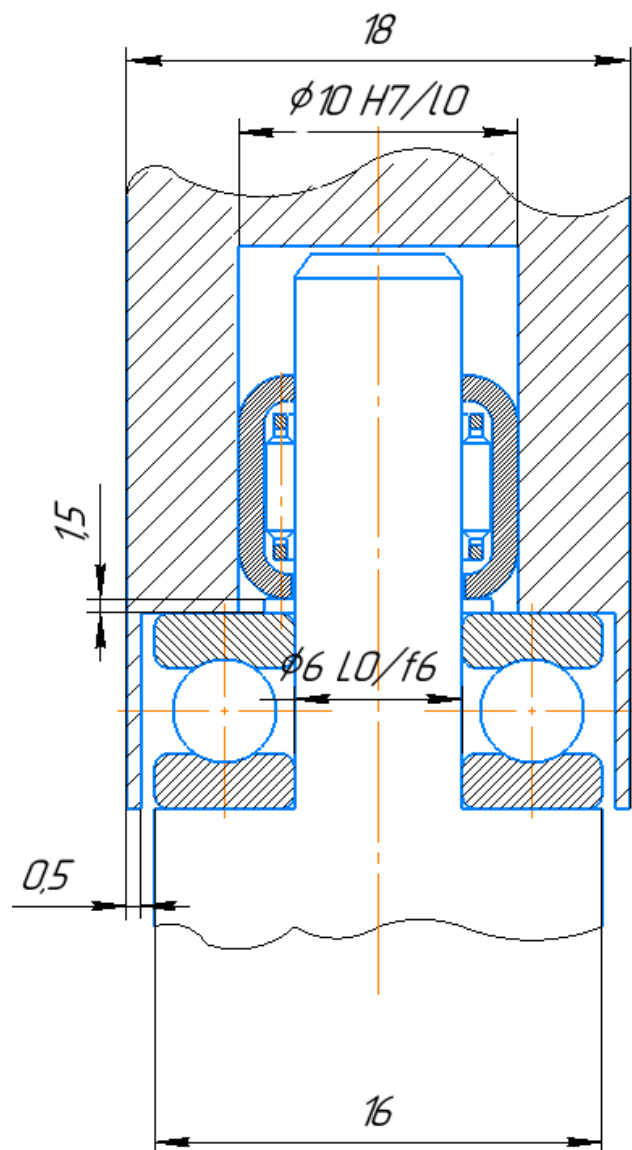


Рисунок 2.13 Схема установки подшипников

2.4 Перепроектирование профиля короба

Исходный вариант конструкции имеет большую массу, которая усложняет процесс установки двери, а также способствует появлению зазоров в экранируемом соединении в процессе эксплуатации. При этом, большую часть массы узла составляет латунный профиль короба и полотна двери.

Перепроектирование исходного профиля приведет к снижению массы всего шлюзового узла, что положительно скажется на снижении износа и себестоимости всей конструкции, а также приведет к уменьшению усилия закрывания.

Для перепроектирования следует определить элементы профиля, для которых изменение исходных размеров (рисунок 2.9) не повлияет отрицательно на качество экранирования.

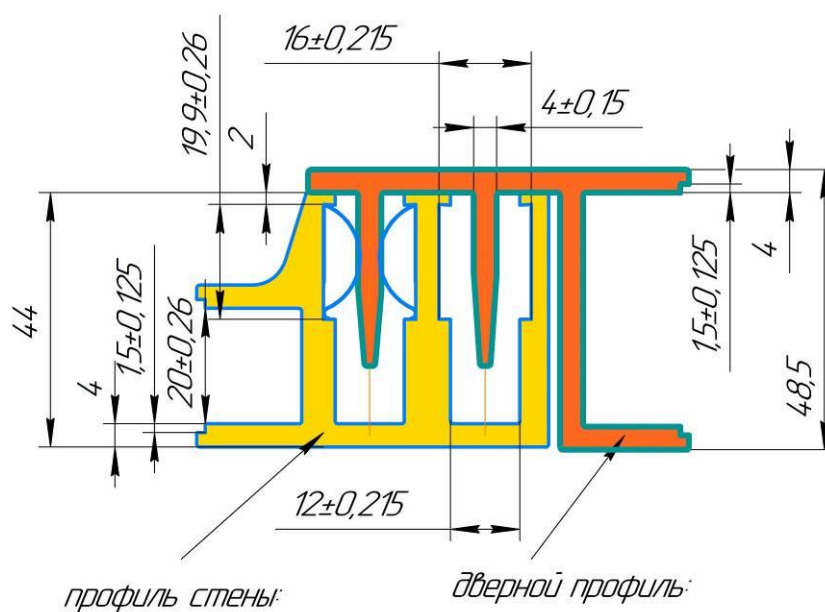


Рисунок 2.14 Исходный вариант размеров профиля стены и короба двери

После изменения типоразмера контактных металлических пружин и способа их установки, надобность в глубоком проеме профиля стены отпадает. Также можно уменьшить ширину данного проема, так как деформация пружин уменьшилась с 5 мм до 2мм. В таких условиях

существующая ширина полотна ножа будет только увеличивать массу конструкции.

Перемещение оси шарнира требует смещения короба двери на тот же размер, но в противоположную сторону. После этого перемещения образуется большая толщина стенок под проёмами в профиле стены, её можно облегчить при добавлении пазов, которые не повлияют на экранирование.

Уменьшение стенок короба также положительно скажется на снижении массы всей конструкции.

В предлагаемом варианте профиля (рисунок 2.10) учтены все вышеперечисленные изменения.

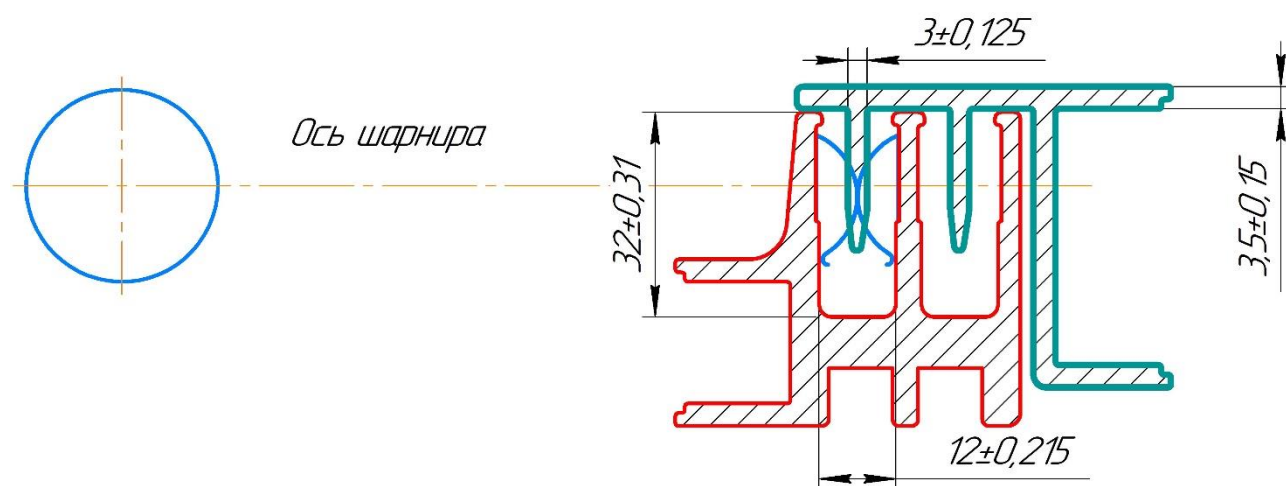


Рисунок 2.15 Предлагаемый вариант размеров профиля стены и короба двери

3. Моделирование и расчет усилия закрытия усовершенствованного шлюзового узла

Для моделирования используем часть дверного проема длиной в 8,7 мм, именно такую ширину имеет один сектор контактно металлической пружины. Зная высоту и ширину дверного проема согласно исходным данным, можно будет рассчитать требуемое усилие для одной из сторон. При моделировании контактно металлических пружин используется программное обеспечение Компас-3D.

3.1 Моделирование контактно-металлических пружин

В усовершенствованной конструкции шлюзового узла используются контактно металлические пружины PECF 395301 или их аналог «Fingerstrip 2362-04». Согласно размерам, в каталоге производителя строится эскиз и моделируется контактно металлическая пружина (рисунок 3.1) [12]

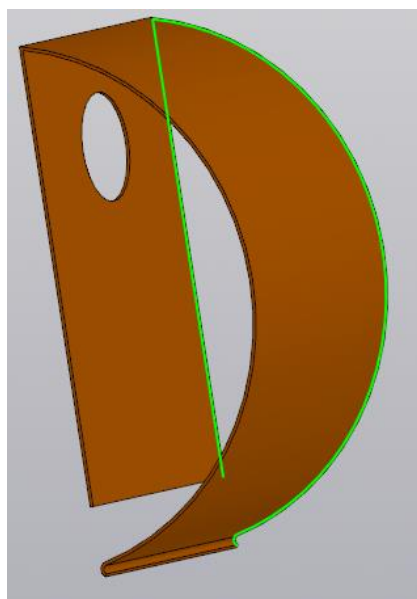


Рисунок 3.1 3D модель контактно металлической пружины

3.2 Расчет деформации контактно металлической пружины

Для расчета деформации контактно-металлической пружины используется программное обеспечение ANSYS, модуль Static structural.

Из-за отсутствия материала контактно-металлических пружин в стандартной библиотеке материалов ANSYS, следует добавить новый материал со свойствами рисунок 3.2, указанными в таблице 2.1 из каталога производителя.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	8,36	g cm ⁻³		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1,7E-05	C ⁻¹		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Modulus and Poisson...			
8	Young's Modulus	1,31E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0,33			
10	Bulk Modulus	1,2843E+11	Pa		
11	Shear Modulus	4,9248E+10	Pa		

Рисунок 3.2 Свойства материала контактно металлической пружины

Расчет должен происходить в условиях схожих с условиями работы данной контактно-металлической пружины (рисунок 3.3). Стенка контактно-металлической пружины С должна быть зафиксирована как это предусмотрено в конструкции узла, усилие должно прилагаться к центру изогнутой части В, где образуется пятно контакта между контактно-металлической пружиной и ножом. Хвостовик А должен иметь 2 степени свободы в продольном направлении и в направлении ножа.

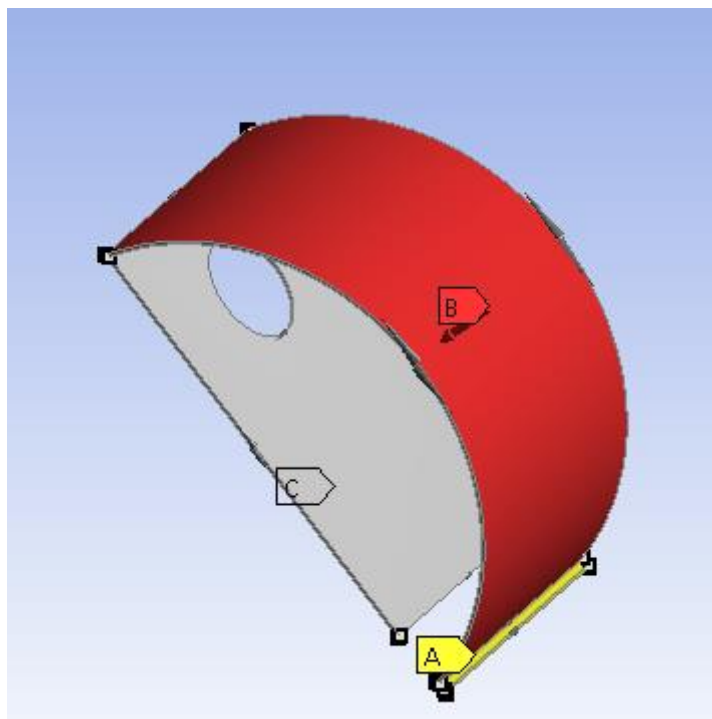


Рисунок 3.3 Условия работы контактно металлической пружины

Для проверки правильности расчета, следует сравнить данные полученные экспериментальным методом с данными полученными в САЕ системе.

Таблица 3.1 Сравнительная таблица полученных данных

Грузы F Н	Относительное сжатие	
	ΔX мм	
	РЕСF 395301 Эксперимент	РЕСF 395301 САЕ
1	0,08	0,11
5	0,38	0,52
10	0,77	1,05
15	1,15	1,58
20	1,53	2,12
25	1,92	2,64
30	2,30	3,1

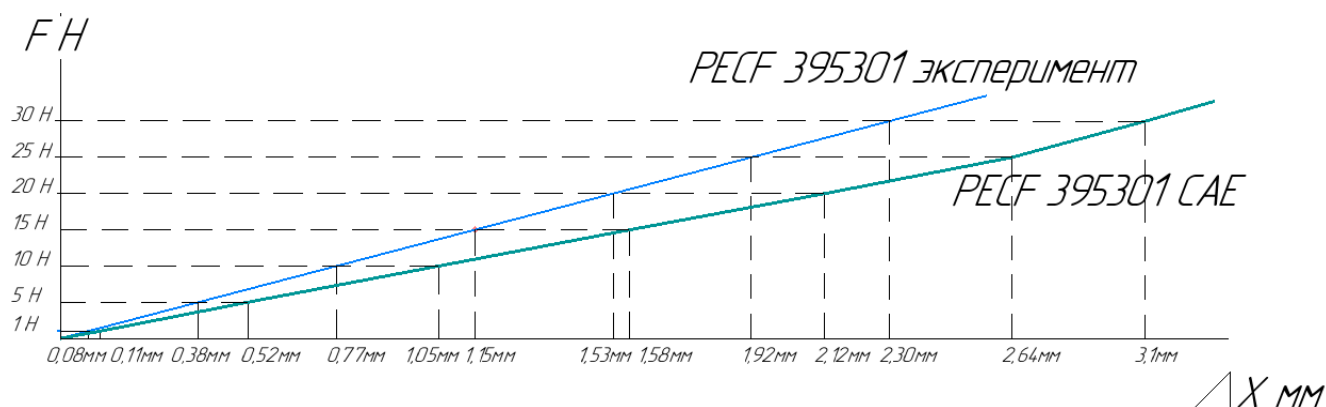


Рисунок 3.4 Сравнительный график полученных данных

Исходя из полученных данных можно сделать вывод что различие в результатах около 35%. Данная погрешность обусловлена различными внешними факторами при проведение физического эксперимента, такими как потери на трение в кондукторе и т.д. Также механические свойства контактно-металлических пружин незначительно могут отличаться от разных поставщиков.

В условиях установки контактно-металлических пружин в заневоленном виде, резко возрастает усилие закрывание. Это подтверждает расчет в ANSYS таблица 3.2.

Таблица 3.2 Деформации и усилия при заневоленной установке контактно-металлических пружин

Грузы F Н	Относительное сжатие ΔX мм
50	0,16
100	0,32
150	0,48
200	0,65
250	0,80
300	0,96

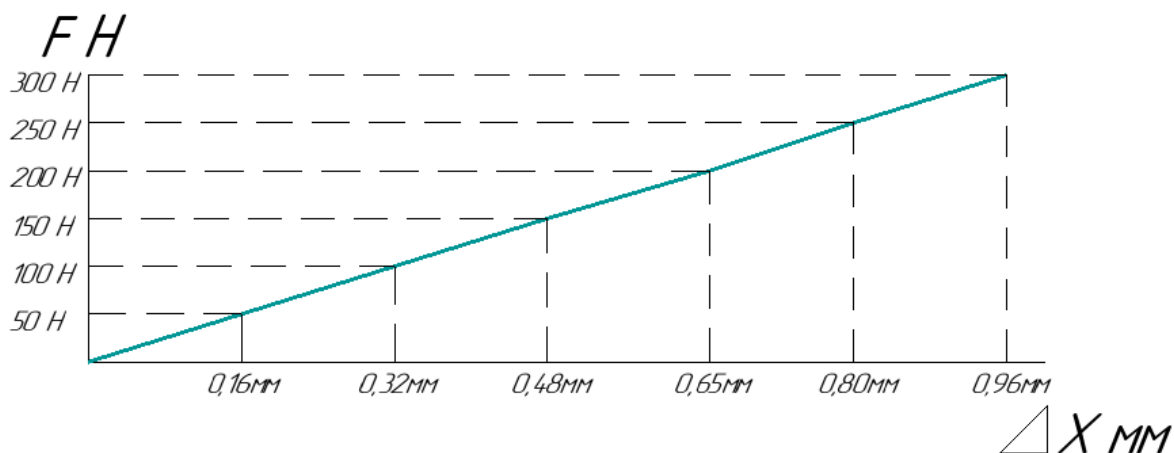


Рисунок 3.5 График зависимости деформаций от усилия закрывания

Полученные данные подтверждают правильность выбора установки контактно-металлических пружин, так как рабочее усилия в предлагаемом варианте гораздо меньше.

3.3 Расчет усилия требуемого для закрывания двери

Для расчета усилия закрытия усовершенствованной конструкции шлюза, требуется построить 3D-модели части шлюзового короба и ножа согласно размерам, рассчитанным в пункте 2.2 (рисунок 2.15) а также произвести сборку всей конструкции (рисунок 3.7).

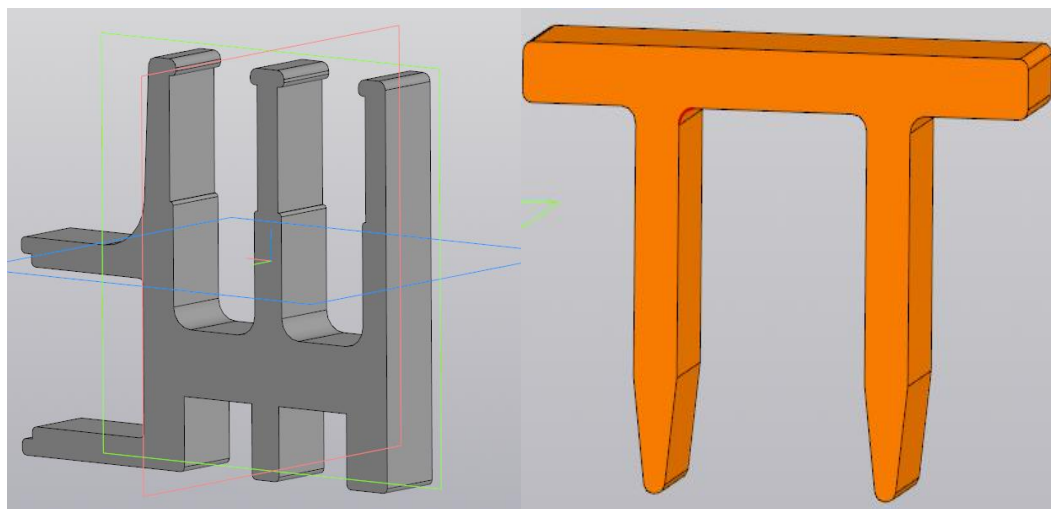


Рисунок 3.6 3D модели короба и ножа

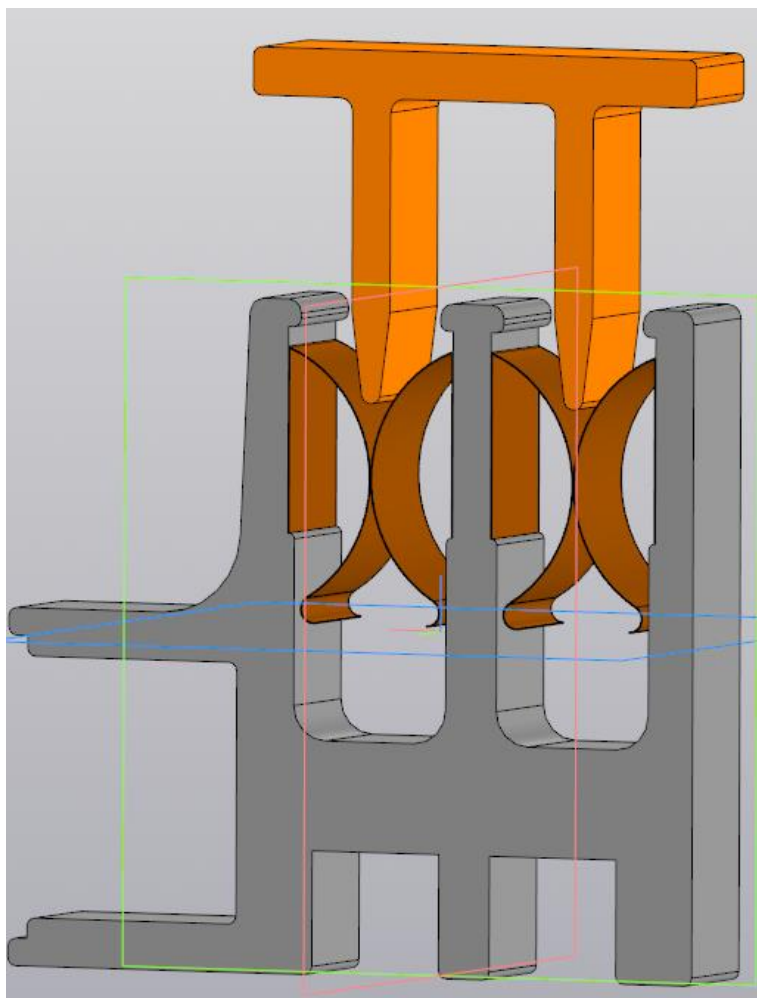


Рисунок 3.7 Сборка всех моделей

Материал ножа, который непосредственно будет взаимодействовать с контактно-металлическими пружинами, LC59-1. Данный материал также отсутствует в стандартной библиотеке ANSYS. Поэтому его следует добавить (рисунок 3.8).

Properties of Outline Row 3: Lc59-1				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	8,46	g cm ⁻³	
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
4	Coefficient of Thermal Expansion	1,95E-05	C ⁻¹	
5	Isotropic Elasticity			
6	Derive from	Young's Modulus and Poisson...		
7	Young's Modulus	1,03E+11	Pa	
8	Poisson's Ratio	0,345		
9	Bulk Modulus	1,1075E+11	Pa	
10	Shear Modulus	3,829E+10	Pa	
11	Tensile Yield Strength	1,25E+08	Pa	
12	Tensile Ultimate Strength	3,32E+08	Pa	

Рисунок 3.8 Свойства материала ножа

Согласно полученным данным из ANSYS деформация при которой происходит полное закрытия двери равна 1,66 мм (рисунок 3.9), а усилие, требуемое для закрытия 8,38 Н (рисунок 3.10)

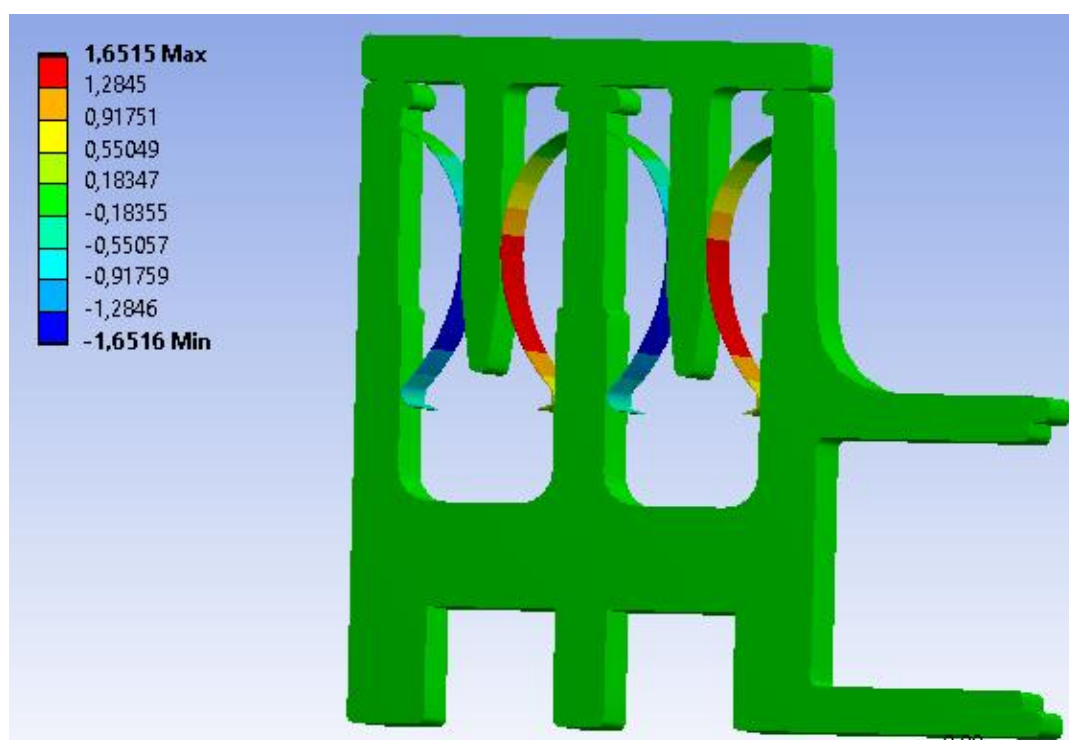


Рисунок 3.9 Результаты расчета деформаций

Maximum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> X Axis	2,2842e-002 N
<input type="checkbox"/> Y Axis	9,5392e-004 N
<input type="checkbox"/> Z Axis	4,8726e-010 N
<input type="checkbox"/> Total	8,3758 N
Minimum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> X Axis	-5,0903e-002 N
<input type="checkbox"/> Y Axis	-4,4296e-005 N
<input type="checkbox"/> Z Axis	-8,3758 N
<input type="checkbox"/> Total	1,0864e-010 N

Рисунок 3.10 Результаты расчёта усилий

При таких же условиях деформация изначальной конструкции равна 0,35 мм (рисунок 3.11), а усилие, требуемое для полного закрытия равно 51 Н (рисунок 3.12).

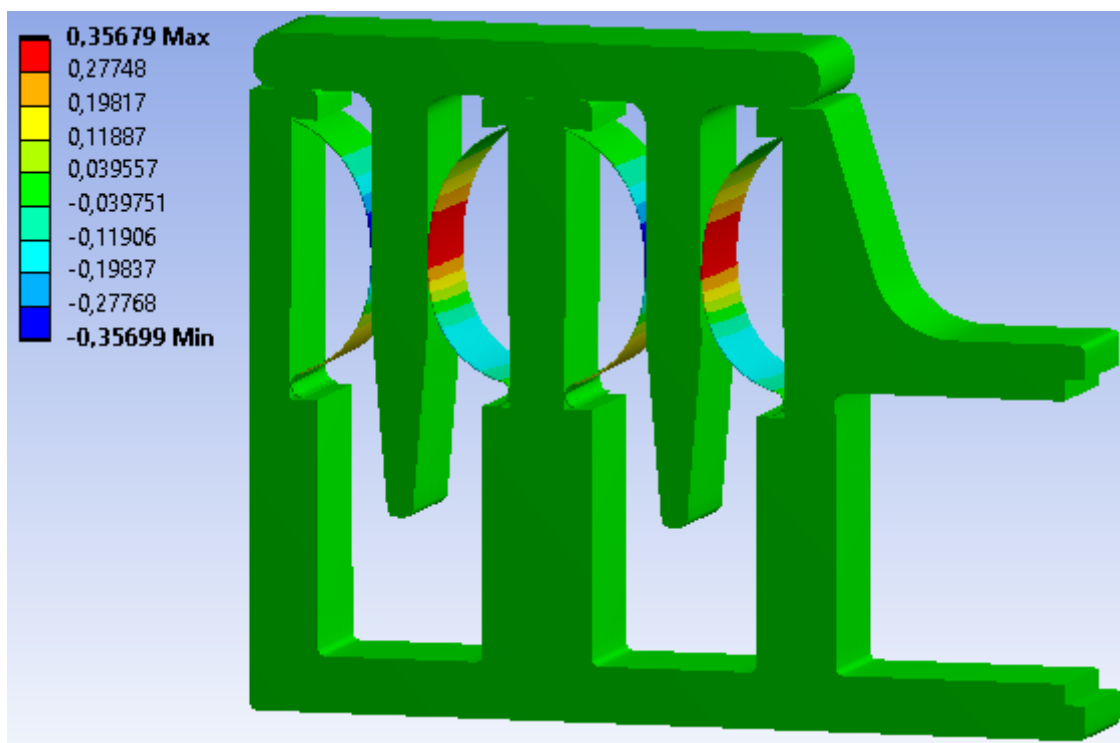


Рисунок 3.11 Результаты расчета деформаций

Maximum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> X Axis	1,6066e-002 N
<input type="checkbox"/> Y Axis	4,5036e-010 N
<input type="checkbox"/> Z Axis	2,3941e-009 N
<input type="checkbox"/> Total	51,007 N
Minimum Value Over Time	
<input type="checkbox"/> X Axis	-8,5301e-003 N
<input type="checkbox"/> Y Axis	-0,88568 N
<input type="checkbox"/> Z Axis	-51,002 N
<input type="checkbox"/> Total	4,5603e-010 N

Рисунок 3.12 Результаты расчёта усилий

Полное усилия требуемое для закрытия рассчитывается как сумма всех усилий, требуемых для закрытия каждой из сторон дверного проема. При этом если процесс закрытия сторон по высоте можно считать прямолинейным, так как ножи одновременно начинают деформировать контактно-металлические пружины. То в свою очередь распределение нагрузки по ширине дверного проема происходит неравномерно, то есть ножи постепенно начинают деформировать контактно-металлические пружины. Эмпирическим путем была получена формула:

$$F_{max.} = F_{пр.} * 2 * 210 + 0,9 * F_{пр.} * 2 * 105 \quad (4)$$

Где F_{max} – полное усилия для всех сторон дверного проема;

$F_{пр.} = F_{деф.} + F_{тр.}$ – усилие, действующее на 1 контактно-металлическую пружину, включающие в себя усилие для деформации контактно-металлической пружины и силу трения между пружинным элементом и ножом;

210 и 105 – количество контактно-металлических пружин на высоту и ширину дверного проема соответственно;

0,9 – момент максимального усилия для закрытия горизонтально расположенных металлических пружин двери.

Тогда полное усилие для исходной конструкции будет равно:

Усилия для изначальной конструкции:

$$F_{max.} = 51 * 2 * 210 + 0,9 * 51 * 2 * 105 = 31059 \text{ Н}$$

Усилия для усовершенствованной конструкции:

$$F_{max.} = 8,38 * 2 * 210 + 0,9 * 8,38 * 2 * 105 = 5103,42 \text{ Н}$$

Исходя из расчетов, проведенных в ANSYS можно сделать вывод что изменение контактно-металлических пружин, их установки и перепроектирование шарнира положительно сказалось на уменьшение изначального усилия. Усилие закрытия уменьшилось в 6 раз от изначального.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Паторняк Сергею Сергеевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности проекта к коммерциализации
Планирование и формирование бюджета проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономических показателей

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Линейный график работ
2. Бюджет проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Паторняк Сергей Сергеевич		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Организация и планирование работ

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы.

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. В данном пункте составлен полный перечень проводимых работ по совершенствованию шлюзового узла для камер с электромагнитной защитой.

Перечень работ и продолжительность их выполнения приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 20%
Поиск и анализ литературы по тематике	НР, И	НР – 40% И – 100%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Анализ исходной конструкции	НР, И	НР – 20% И – 100%

Изменение схемы установки пружинных элементов	НР, И	НР – 20% И – 100%
Проведение эксперимента по определению жесткости пружинных элементов	НР, И	НР – 40% И – 100%
Перепроектирование шарнира шлюзового узла	НР, И	НР – 20% И – 100%
Перепроектирование профиля короба шлюзового узла	НР, И	НР – 20% И – 100%
Расчет в САЕ системе	И	И – 100%
Вывод по проведенной работе	НР, И	НР – 60% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

4.2 Продолжительность этапов работ

Определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д},$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1–1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К},$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}},$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни (ТПД = 10).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 5.2 – Продолжительность работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Труд-сть работ по исполнителям чел.-дн.			
		t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,8	3,36	-	4,05	-
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,67	2,6	0,52
Поиск и анализ литературы по тематике	НР, И	10	15	12	5,76	14,4	6,94	17,35
Обсуждение литературы	НР, И	3	5	3,8	1,36	4,56	1,65	5,5
Анализ исходной конструкции	НР, И	2	4	2,8	0,67	3,36	0,81	4,05
Изменение схемы установки	НР, И	4	8	5,6	1,34	6,72	1,62	8,1

пружинных элементов								
Проведение эксперимента по определению жесткости пружинных элементов	НР, И	3	5	3,8	1,82	4,56	2,2	5,49
Перепроектирование шарнира шлюзового узла	НР, И	8	12	9,6	2,3	11,52	2,78	13,88
Перепроектирование профиля короба шлюзового узла	НР, И	5	10	7	1,68	8,4	2,02	10,12
Расчет в САЕ системе	И	10	20	14	-	16,8	-	20,24
Вывод по проведенной работе	НР, И	5	10	7	5,04	8,4	6,07	10,12
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	10	15	12	-	14,4	-	17,35
Оформление графического материала	И	10	15	12	-	14,4	-	17,35
Подведение итогов	НР, И	5	10	7	5,04	8,4	6,07	10,12
Итого:					31,73	116,59	36,81	140,19

Таблица 5.3 - Линейный график работ

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	4,05	-														
2	2,6	0,52														
3	6,94	17,35														
4	1,65	5,5														
5	0,81	4,05														
6	1,62	8,1														
7	2,2	5,49														
8	2,78	13,88														
9	2,02	10,12														
10	-	20,24														
11	6,07	10,12														
12	-	17,35														

13	-	17,35														
14	6,07	10,12														

HP -

И -

4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.4 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-

продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 - 20 %.

Таблица 5.4 – Затраты на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	190
Итого:			190

Допустим, что ТЗР составляют 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны

$$C_{\text{мат}} = 190 \cdot 1,05 = 199,5.$$

4.5 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083}.$$

Таблица 5.5 – Заработная плата

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	26 050	1038,55	32	1,699	56463,89
И	12 130	483,59	117	1,62	91659,65
Итого:					148123,54

4.6 Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование и составляют 30,2 % от полной заработной платы по проекту,

$$\text{т.е. } C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,302.$$

$$C_{\text{соц}} = 148123,54 \cdot 0,302 = 44733,31 \text{ руб.}$$

4.7 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл. об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}},$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 5,748 \text{ руб./кВт·час}$ (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 ($T_{\text{РД}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} \cdot K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{РД}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_c,$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Таблица 5.6 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты на электроэнергию $C_{\text{эл. об.}}$, руб.
ПК	1068	1	6138,31
Итого:			6138,31

4.8 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{H_A \cdot C_{\text{об}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_D},$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку $C_{\text{ам}}$. Например, для ПК в 2020 г. (299 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $C_{\text{ам}} = 299 \cdot 8 = 2392$ часа;

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Таблица 5.7 – Амортизация расходов

Наименование оборудования	Стоимость $C_{\text{об}}$, руб.	Время работы оборудования $t_{\text{рф}}$, час	H_A	F_D	Амортизационные расходы $C_{\text{ам}} =$, руб.
ПК	40 000	1068	0,4	2392	7143,81
Итого:					7143,81

4.9 Расчет расходов

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Данные расходы в работе не предусмотрены

4.10 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1$$

Для данной работы это:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч}} &= (199,5 + 148123,54 + 44733,31 + 6138,31 + 7143,81) \cdot 0,1 \\ &= 20633,85 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.11 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 5.8 – Себестоимость разработки

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	199,5
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	148123,54
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	44733,31
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об}}$	6138,31
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	7143,81
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	-
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	20633,85
Итого:		226972,32

Таким образом, затраты на исследование составили $C = 226972,32$ руб.

4.12 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5 - 20% от полной себестоимости проекта. В данной работе она составляет 22697,23 руб. (10%) от расходов на разработку проекта.

4.13 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это:

$$\text{НДС} = (226972,32 + 22697,23) \cdot 0,2 = 49933,91 \text{ руб.}$$

4.14 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{\text{НИР}} = 226972,32 + 22697,23 + 49933,91 = 299603,46 \text{ руб.}$$

Поскольку проект является чисто исследовательским, и так как перспективы применения полученных результатов пока не определены, то оценка его экономической эффективности невозможна.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Группа	ФИО
4AM82	Паторняк С.С.

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01«Машиностроение»

Тема ВКР:

Совершенствование шлюзового узла камер электромагнитной защитой	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: шлюзовой узел камер с электромагнитной защитой. Рабочее место: конструкторское бюро. Область применения: машиностроительное производство
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Недостаточная освещенность 4. Повышенный уровень статического электричества 5. Нервно-психические перегрузки
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы) и литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможными ЧС на объекте, в данном случае пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Паторняк С.С		

5. Введение

В данном разделе рассмотрены вопросы организации рабочего места, в процессе разработки алгоритма, в соответствии с нормами производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Вопросы производственной и экологической безопасности рассматриваются с позиции исполнителя (инженера), связанного непосредственно с разработкой алгоритма.

При выполнении выпускной квалификационной работы основным видом деятельности являлась совершенствование шлюзового узла для камер с электромагнитной защитой.

Работа инженера связана с большими нагрузками как умственными, так и психологическими. Длительная работа в плохо-вентилируемом помещении, с высоким уровнем шума, нестабильной температурой и влажностью воздуха, а также недостаточным уровнем освещения неблагоприятно сказывается на самочувствии работника, следствием чего может явиться снижение производительности труда.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данной работе рассмотрена аудитория и находящееся в ней оборудование (ПК). Рабочее место располагается на 2 этаже в аудитории, помещение представляет собой комнату длиной 8 м. шириной 10 м., высотой 3,5 м., 2 окна, выходящих на север, в помещении находится 6 единиц ПК и 6 человек.

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) рабочее время рассматривается, как время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю [1].

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [2]. Каждый день в помещениях, в которых располагаются ПК, проводится влажная уборка, а также систематическое проветривание помещения.

Для интерьера помещений рекомендуется использовать материалы пастельных тонов. Окраска ПК и прилегающий к нему техники имеют темные цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним. Аудитория, в которой проводилась работа над ВКР, имеет следующую окраску:

- потолок - белый;
- стены - сплошные, бежевого цвета;
- пол - бежевый.

Эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя приведены в [2]. Рабочее место соответствует

требованиям стандартов, технических условий и методических указаний по безопасности труда.

Работа над проектом предполагает использование компьютерной техники. Рабочее место с использованием ПЭВМ соответствует требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3].

5.2 Производственная безопасность

В данном пункте рассматриваются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Работа по разработке усовершенствованного шлюзового узла проводилась на персональном компьютере.

При работе с персональным компьютером существуют ряд вредных и опасных факторов:

Таблица 1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+		СанПиН 2.2.4-548-96
2. Превышение уровня шума	+	+		СН 2.2.4/2.1.8.562–96
3.Недостаточная освещенность	+	+		СП 52.13330.2016
4. Повышенный уровень статического электричества	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

5. Нервно – психические перегрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.4.1191-03
------------------------------------	---	---	---	----------------------

5.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Физическим опасным фактором на рабочем месте оператора ПК является опасность поражения электрическим током, отклонение показателей микроклимата в помещении, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны.

5.2.2.1 Анализ показателей микроклимата

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к

категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице 2.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в аудитории соответствуют значениям ГОСТ 12.1.005-88, и приведены в таблице 2 [4].

Таблица 2 - Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	легкая	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

5.2.2.2 Анализ показателей шума

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к неблагоприятным последствиям: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, притупляется внимание.

Здание, в котором расположена аудитория, удалено от сильных источников шума, таких как центральные улицы, автомобильные и железные дороги и т.д.

Шум на рабочем месте создается внутренними источниками, такими как устройства кондиционирования воздуха и другим техническим оборудованием. Уровень шума на рабочем месте пользователя персонального компьютера соответствует значениям, установленным СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 (не должен превышать 50 дБА) [5].

В аудитории уровень внутренних шумов не превышает предельно допустимого значения, установленного в ГОСТ 12.1.003-2014 [6].

5.2.2.3 Анализ освещенности рабочей зоны

К освещенности рабочего места инженера проектировщика предъявляются следующие требования:

- освещенность должна соответствовать характеру зрительной работы;
- величина освещенности должна быть постоянна во времени;
- должны отсутствовать пульсации светового потока ИС.

В помещениях, в которых установлены компьютеры, должно быть предусмотрено как искусственное, так и естественное освещение.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 8$ м, ширина $B = 10$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 8 \times 10 = 80 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_c = 40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2200$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n —высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{8}{2,4} = 3,33 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{10}{2,4} = 4,1 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 4 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

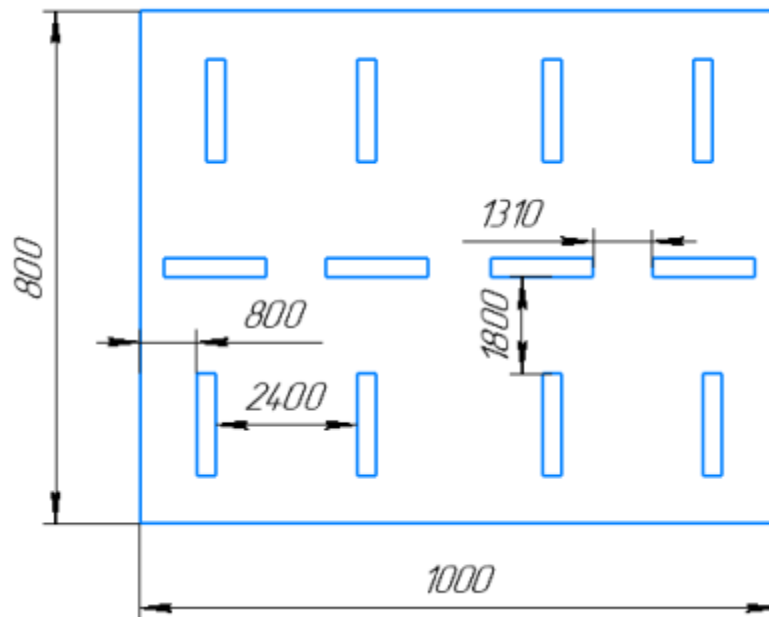


Рисунок 5.1 – План помещения и размещения светильников.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 10}{2,0 \cdot (8 + 10)} = 2,25$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 40\%$ и индексе помещения $i = 2,25$ равен $\eta = 0,62$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{2 \cdot 12 \cdot 0,62} = 2130 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2200 - 2130}{2200} \cdot 100\% = 3.2\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 3.2\% \leq 20\%$, необходимый световой поток

5.2.2.4 Эмоциональные нагрузки

Эмоциональные нагрузки определяются тремя параметрами:

- степень ответственности за результат собственной деятельности;
- степень риска для собственной жизни;
- ответственностью за безопасность других лиц.

Практика аттестации рабочих мест показывает, что оценка всех трех параметров происходит в соответствии с профессией без каких-либо дополнительных измерений, что в данном случае является наилучшим выбором, чем проведение крайне субъективных оценок непрофильными специалистами. Проблема эмоциональных нагрузок не может исчерпываться тремя показателями и требует профессиональных методик оценки, которые должны разрабатываться специалистами в области социальной психологии, психологии труда, психологии мотивации и эмоций и т.д.

Степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки указывает, в какой мере работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

С эмоциональными нагрузками помогает справиться психолог и свести их к минимуму.

5.2.2.5 Анализ электробезопасности

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного

опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм. Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В. Опасной величиной считается ток, более 1 мА, а смертельным более 100 мА. В аудитории проходит безопасное для человека напряжение, что соответствует ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. [8]

Аудитория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Это сухое помещение, пол покрыт изоляционным материалом. Влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок», утвержденных Госэнергонадзором от 12.04.2003, аудитория оборудована следующим образом:

- на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;
- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Основными техническими средствами защиты человека от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются: защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение, электрическое разделение сети, малое напряжение, электрозащитные средства, уравнивание потенциалов, двойная изоляция, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

5.2.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду.

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

Образование отходов является неотъемлемой частью производственных процессов. Отходы загрязняют окружающую среду и образуют высокие концентрации токсичных веществ.

Решения по обеспечению экологической безопасности:

1. для литосферы – вывоз твердых бытовых отходов, с последующей переработкой;
2. для атмосферы – проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения.

В аудитории, где проводилась основная работа над ВКР, источником загрязнения окружающей среды являются люминесцентные лампы, с помощью которых реализовано освещение. В трубках люминесцентных ламп содержится от 3 до 5 мг ртути. ЛЛ относятся к первому классу токсичных отходов и являются чрезвычайно опасными, они требуют специальной утилизации.

Для обеспечения экологической безопасности возможны пути решения проблем в соответствии с ГОСТ Р 14.01-2005. [11]

Для перехода к безотходного производства необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров и соответственно бумаги.

Нужно позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны,

энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции практически сравнима со стоимостью новой лампы. Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как, впрочем, и само стекло.

5.2.4 Чрезвычайные ситуации

Исследование проводилось в городе Томск с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. [9]

В зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановки работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае заморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количество и мощность должно хватить для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, происходят все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными, но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключение распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны,

сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке плана действий на случай экстренной эвакуации.

5.2.5 Анализ пожарной безопасности

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д. К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Аудитория, в которой проводилась работа над ВКР, относится к категории опасности помещений – В3.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах, вблизи от выходов из помещений и на высоте не более 1,35 м. Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к эвакуационному выходу (рис. 2).

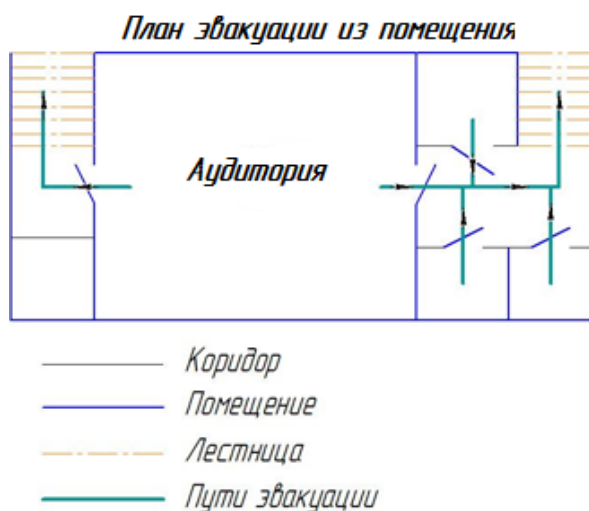


Рисунок 5.2 - План эвакуации

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям

противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85 [10]): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом. Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Алгоритм разрабатывался на ПК. Каждые 30 минут, после включения ПК, происходит сохранение всей информации в облачном сервере, при помощи интернет соединения.

5.3 Выводы по разделу

В данном разделе ВКР были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, изучены трудовые нормы трудового законодательства, а также организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Во втором подразделе изучены вопросы производственной безопасности, рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследования. Проанализировав данные факторы применительно к рабочему месту можно сделать вывод о соответствии требованиям параметров микроклимата в помещении и уровня шума на рабочем месте. Параметры освещенности на рабочем месте соответствуют нормам. По электробезопасности, конструкторское бюро может быть отнесено к помещениям без повышенной опасности для поражения людей электрическим током, так как это сухое помещение, пол покрыт изоляционным материалом, влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C.

В подразделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, указаны опасные и вредные производственные факторы, а также методы борьбы с ними. Для устранения бытовых отходов на отдельные контейнеры, предложен способ утилизации люминесцентных ламп.

В подразделе «безопасность в чрезвычайных ситуациях» приведены возможные ЧС на рабочем месте, а также предусмотрены мероприятия по устойчивости работы.

Законодательные акты

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Требования к микроклимату производственных помещений.
5. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
6. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
7. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
8. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
9. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
10. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
11. ГОСТ Р 14.01-2005. Экологический менеджмент. Общие положения и объекты регулирования

Заключение

В данной работе были рассмотрены недостатки существующих конструкций камер с электромагнитной защитой, а именно шлюзовые узлы. Для выявления недостатков были рассмотрены существующие аналоги и аспекты, которые нужно учитывать при конструировании камер с экранированием.

Для улучшения существующей конструкции было решено произвести перепроектирование профиля и шарнира, а также замена и изменение способа установки контактно-металлических пружин.

При перепроектировании профиля основной задачей было снижение массы, то есть изменение размеров, которые не снизят уровень экранирования.

Улучшением для шарнира являлся перенос его оси таким образом, при котором контакт между контактно-металлическими пружинами и ножом распределялся равномерно на обе контактно-металлические пружины. Также выбраны новые подшипники и изменена схема их установки, которая должна положительно повлиять на снижение износа петель.

При изменении контактно-металлических пружин произведен эксперимент для определения жесткости двух контактно-металлических пружин. В ходе эксперимента выявлен лучший вариант при одинаковой нагрузке. Также рассмотрены 3 варианта размещения, и определен вариант при котором усилия смыкания будет наименьшим.

Для подтверждения целесообразности всех произведенных изменений произведен ряд расчетов в САЕ системе. Который показал, что усилия закрытия двери уменьшилось в 6 раза от изначального.

Список используемых источников

1. Гавриш В.Ф. Практическое пособие по защите коммерческой тайны. - Симферополь: Таврида, 1994. - 112 с.
2. ГОСТ Р 50414-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний. - Введ. 1993-07-01. - М.: Госстандарт России, 1992. - 28 с.
3. Металлизированная ткань «Метакрон». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.metakron.ru/kat.html>
4. Николаенко Ю.С. Противодействие радиотехнической разведке // Системы безопасности, связи и телекоммуникаций. - 1995. - № 6. - С. 12 - 15.
5. Рабочая станция ЕС1855.М.02. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.niiev.m.by/products/ec1855_m_02.html
6. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vrednost.ru/224218055.php>
7. Технические методы и средства защиты информации / Ю.Н. Максимов, В.Г. Сонников, В.Г. Петров и др. - СПб.: «Издательство Полигон», 2000. - 320 с.
8. Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3 т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. - М.: НПЦ «Аналитика», 2008. - 436 с.
9. Экранированные сооружения. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elfilter.ru/levadnyi/kamers.html>
10. Экранирующие материалы для защиты от электромагнитных излучений и решения проблем электромагнитной совместимости. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ckbrm.ru/index.php?products=64>

11. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. В 3-х вып. Вып 2. Внутрисистемные помехи и методы их уменьшения: Сокращ. пер. с англ./Под ред. А.И.Саприга. - М.: Сов. Радио, 1978. - 272 с.

12. Компания производителя контактно-металлических пружин «Holland Shielding Systems». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://hollandshielding.com/Stick-on-mounting-fingerstrip#2364>.

13. Обеспечение электромагнитной безопасности «НТЦ Фарадей». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://faradey.ru/>

14. Завод стальных дверей «Торех». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://faradey.ru/>

15. Свойства материалов и аналогов «MakeItFrom». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/UNS-C37000-CW607N-Free-Cutting-Muntz-Metal>

16. Компания производителя контактно-металлических пружин «Tech-Etch». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/UNS-C37000-CW607N-Free-Cutting-Muntz-Metal>

Приложение А

Electromagnetic shielding

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Паторняк Сергей Сергеевич		

Консультант отделения материаловедения ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ким А.Б.			

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кобзева Н. А.			

Introduction

Electromagnetic shielding is a way to reduce the intensity of electromagnetic waves to a given level using special materials, equipment and technological solutions. Reducing field intensity is necessary to protect people or equipment from the effects of electromagnetic radiation or to prevent unwanted leakage of information that can be carried by electromagnetic radiation.

Shielding is provided by creating special screens from which radiation can be reflected, in which it can be absorbed or scattered, or a combination of these methods. Screens form closed volumes that encompass either an object of protection against radiation or an object from which radiation must be suppressed. In addition, special solutions are needed for introducing into the electromagnetic screen or outputting various engineering or information communication lines. In all countries, the permissible level of radiation to which a person can be exposed without fear for his health is legally set. The use of screens can reduce radiation levels that are potentially harmful to health to safe levels.

Under the influence of intense fields, failures in the operation of electronics are observed. Interference from powerful fields can damage integrated circuits and semiconductor components.

Unauthorized access to confidential information becomes possible. Intense radiation allows you to use special remote devices that read data in the process of computer operation. Any electronic gadget, such as a smartphone, can become an involuntary transmitter of classified information.

Shielding Methods

The following shielding methods are distinguished: electrostatic, magnetostatic and electromagnetic [7].

Electrostatic and magnetostatic shielding are based on short-circuiting by a screen (having in the first case high electrical conductivity, and in the second magnetic conductivity), respectively, of the electric and magnetic fields.

Electrostatic shielding essentially boils down to shorting the electrostatic field to the surface of the metal screen and removing electric charges to the ground (to the device). Grounding an electrostatic shield is a necessary element in the implementation of electrostatic shielding.

The main task of shielding electric fields is to reduce the coupling capacity between shielded structural elements. Therefore, the effectiveness of shielding is determined mainly by the ratio of the capacitance of the connection between the source and the pickup receptor before and after the installation of the grounded screen. Therefore, any actions leading to a decrease in communication capacity increase the shielding efficiency.

The shielding effect of the metal sheet substantially depends on the quality of the connection of the screen with the body of the device and the parts of the screen with each other. It is especially important not to have connecting wires between the parts of the screen and the housing.

In the meter and shorter wavelength ranges, connecting conductors of several centimeters in length can dramatically degrade shielding performance. On even shorter wavelengths of the decimeter and centimeter ranges, connecting conductors and buses between the shields are not allowed. To obtain a high efficiency of shielding the electric field, it is necessary to apply a direct continuous connection of the individual parts of the screen with each other [7, 11].

Narrow gaps and holes in the metal screen, the dimensions of which are small compared to the wavelength, practically do not impair the screening of the electric field.

At frequencies above 1 GHz, with increasing frequency, the screening efficiency decreases.

The basic requirements for electric screens can be formulated as follows [7]:

- the design of the screen should be chosen so that the lines of force of the electric field are closed on the walls of the screen, without going beyond it;
- in the low-frequency region, at a penetration depth (δ) greater than the thickness (d), that is, for $\delta > d$, the effectiveness of electrostatic shielding is practically determined by the quality of the electrical contact of the metal screen with the device's body and little depends on the screen material and its thickness;
- in the high-frequency region for $\delta > d$, the efficiency of a screen operating in the electromagnetic mode is determined by its thickness, conductivity, and magnetic permeability.

Magnetostatic shielding is used if necessary to suppress interference at low frequencies from 0 to 3-10 kHz [7].

The main requirements for magnetostatic screens can be reduced to the following [7]:

- the magnetic permeability μ of the screen material should be as high as possible. For the manufacture of screens, it is desirable to use soft magnetic materials with high magnetic permeability (for example, permalloy);
- an increase in the thickness of the walls of the screen leads to an increase in the effectiveness of shielding, however, this should take into account possible design restrictions on the mass and dimensions of the screen;
- joints, cuts and seams in the screen should be placed parallel to the lines of magnetic induction of the magnetic field, their number should be minimal;
- grounding the screen does not affect the effectiveness of magnetostatic shielding.

Shielding materials

The choice of screen material is based on ensuring the required shielding efficiency in a given frequency range under certain restrictions. These limitations are related to the weight and size characteristics of the screen, its effect on the screened object, the mechanical strength and resistance of the screen to corrosion, the manufacturability of its design, etc.

For the manufacture of screens are used: metal materials, dielectric materials, conductive coated glass, special metallized fabrics, conductive paints.

Metallic materials (steel, copper, aluminum, zinc, brass) used for shielding are made in the form of sheets, nets and foil. All these materials satisfy the requirement of corrosion resistance when using appropriate protective coatings [7].

For the manufacture of the screen, it is advisable to use the following materials [1]:

- pickled steel sheet with a thickness of 0.35 to 2.00 mm;
- galvanized sheet steel with a thickness of 0.35 to 2.00 mm;
- steel woven mesh number 0.4; 0.5; 0.7; 1.0; 1.4; 1.6; 1.8; 2.0; 2.5;
- woven steel mesh number 3; 4; 5; 6;
- brass wire mesh number 0.25; 0.5; 1.0; 1.6; 2.0; 2.5; 2.6.

The most technologically advanced are steel screen designs, since welding and soldering can be widely used in their manufacture and installation. Metal sheets must be electrically connected to each other around the perimeter. The seam of electric welding or soldering must be continuous in order to obtain an all-welded shield design. The thickness of the steel is selected based on the purpose of the design of the screen and the conditions for its assembly, as well as the possibility of providing continuous welds in the manufacture of [7].

Steel screens provide attenuation of electromagnetic radiation by more than 100 dB.

Mesh screens are easier to manufacture, convenient for assembly and operation. To protect against corrosion of the mesh, it is advisable to coat with anti-corrosion

varnish. The disadvantages of mesh screens include low mechanical strength and lower shielding efficiency compared to sheet.

For mesh screens, any weld design is suitable that provides good electrical contact between adjacent panels of the mesh no less than 10-15 mm. For this purpose, soldering or spot welding can be used.

A screen made of tinned low-carbon steel mesh with a cell of 2.5-3 mm gives an attenuation of about 55-60 dB, and of the same double (with a distance between the outer and inner grids of 100 mm) about 90 dB. A screen made of a single copper grid with a 2.5 mm cell has an attenuation of the order of 65-70 dB [1].

Screens made of foil have a thickness of 0.01-0.05 mm. The installation of foil screens is quite simple; fixing the foil to the screen base is most often done with glue.

Dielectric materials are also used as the basis for creating screens. Dielectrics alone cannot shield electromagnetic fields. Therefore, they are most often found in combination with either conductive inclusions or with additional metal elements and structures [7].

In practice, to improve the shielding properties of dielectric screens without significantly changing their mass and structural characteristics, a conductive coating of the screens is applied by sputtering metals in the form of thin films or by gluing with a conductive foil.

Using vacuum deposition, a layer of copper, nickel or silver with a thickness of 4-5 microns can be applied.

In the general case, *ceteris paribus*, the efficiency of shielding with a metallized layer is lower than with a continuous metal sheet.

Metallization of the surface can be used for shielding individual compartments of electronic and electronic equipment in the presence of non-metallic supporting structures, plastic cases of equipment, etc. Contacts can be soldered to metallized surfaces to ground and connect other circuits.

Conductive paints are created on the basis of a dielectric film-forming material with the addition of conductive components, a plasticizer and hardener. As conductive components are used graphite, carbon black, colloidal silver, metal oxides, powdered copper, aluminum [7].

Glasses with a conductive coating should provide the required shielding efficiency when their optical characteristics deteriorate not lower than the specified boundary values. The electrical and optical properties of conductive coated glasses depend on the nature of the oxides that make up the film, the conditions and methods of its application, and the properties of the glass itself. Provided that the transparency of the glasses with losses of no more than 20% is maintained and that sufficient electrical conductivity is ensured, the thickness of the coating film can vary over a wide range from 0.5 to 3 microns. The most widely used are films based on tin oxide, indium tin oxide and gold, since they provide the greatest mechanical strength, are chemically stable, and are tightly bonded to a glass substrate [6, 7].

Glasses with a conductive coating are mainly used in shielded cameras when it is necessary to provide illumination in them. Glasses with a conductive coating produced by industry have a surface resistance of at least 6 Ohms with a decrease in transparency of no more than 20%. The shielding efficiency of such glasses in the radio range is about 30 dB [7].

Special metallized fabrics contain metallic threads or special conductive coatings in their structure, the presence of which leads to the reflection of electromagnetic waves. Such fabrics are designed to protect against electromagnetic fields.

Shielded rooms, structures and cameras

In ordinary (unshielded) rooms, the main shielding effect is provided by the reinforced concrete walls of houses [4].

As a rule, the shielding of ordinary rooms is low due to the presence of windows, doors and ventilation openings in them, therefore, their shielding must be given priority.

Table 1. Maximum achievable values of attenuation of electromagnetic radiation for various types of shielding rooms

Type of construction of a screened room	The degree of shielding, dB
Single screen from the grid; single shielded door equipped with clamping devices; internal roller shutters on a window; special electric filters; shielding filters for intake and exhaust (ventilation).	40
Single screen made of metallized fabric; single shielded door equipped with clamping devices; shielded window with shielded glass, internal roller shutters on the window; special electric filters; shielding filters for intake and exhaust (ventilation).	60
Double screen made of mesh or metallized fabric; double shielded door with a vestibule and clamping devices; special electric filters; shielding filters for intake and exhaust (ventilation).	80
Solid steel screen; pneumatic shielded door; special electric filters; shielding filters for intake and exhaust (ventilation).	100

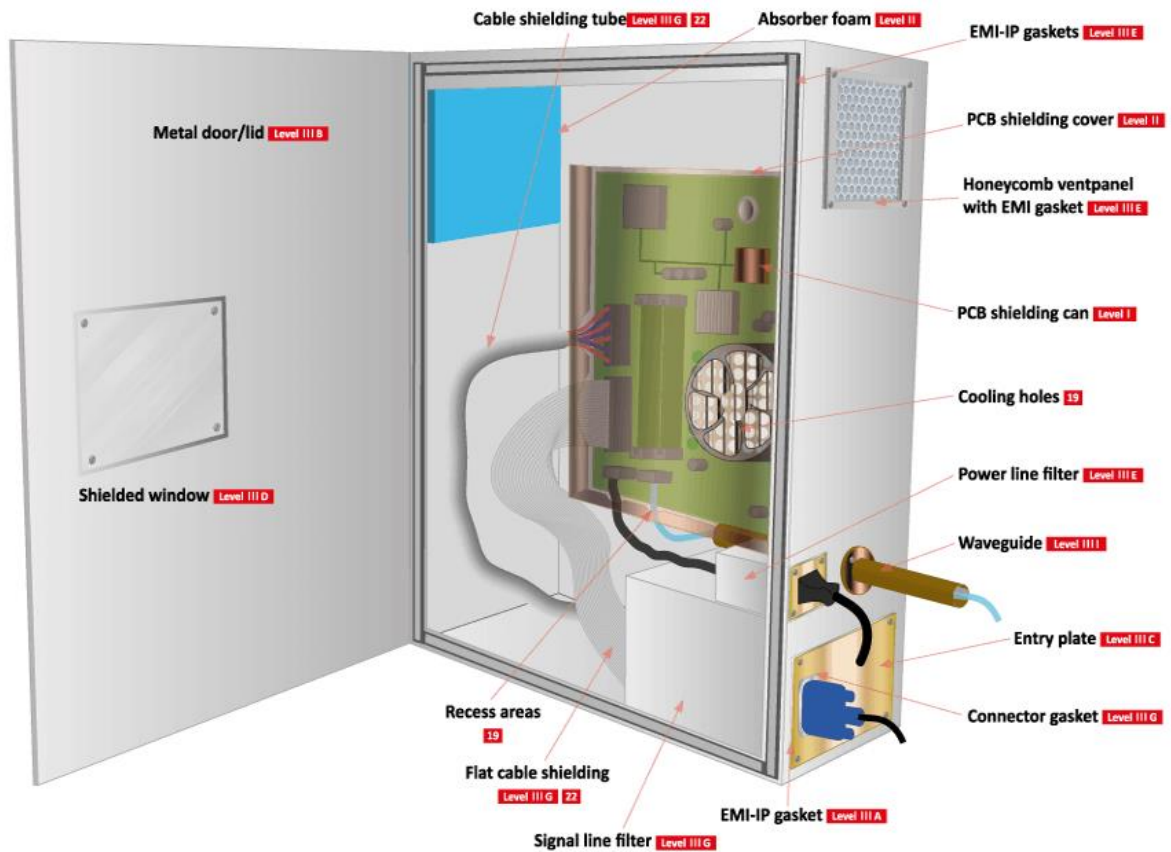


Figure 1. Scheme of a shielded structure

For shielding doors, sheet steel is mainly used, and one or two-layer copper mesh with a mesh of not more than 2x2 mm is installed on the windows, and the distance between the mesh layers should be at least 50 mm. It is more convenient to make nets removable in a metal frame.



Figure 2. EMI shielded doors

In shielded rooms, metalized window frames with glass can also be installed, on which a special conductive coating is applied. The shielding efficiency of such glasses in the radio range is about 30 dB.

To increase the effectiveness of shielding, curtains made of metallized fabric can be used.

To improve the quality of shielding of the ventilation holes, screens are installed in them, which are honeycomb structures that cover the ventilation hole, with rectangular, round, hexagonal cells. To achieve effective shielding, cell sizes should be less than one tenth of the wavelength.

If it is necessary to increase the shielding of the room by more than 20-25 dB, it is necessary to additionally shield not only the doors, but also the enclosing structures (walls, floor, ceiling), and also install roller shutters on the windows. Such premises can already be called shielded.

The degree of shielding of the room depends on the means of shielding used and can range from 40 to 60 dB in the presence of windows in the room and up to 100 dB in their absence (Table 3).

In practice, shielding of electromagnetic waves of more than 60 dB can be provided only in special shielded structures (ES) or in shielded chambers [2, 9].

Shielded structures are made of solid steel sheets connected by electric arc welding.

A shielded structure provides attenuation of electromagnetic energy of 60-120 dB in the frequency range from 10 kHz to 37500 MHz or more [2].

In shielded buildings (chambers), shielded doors, technological openings, control and signaling systems for shielded doors, noise suppressing filters (electrical, air ducts, piping, light, telecommunication), ventilation and air conditioning systems, fire alarm systems, smoke removal and automatic fire extinguishing systems are installed [9].

Classification of shielded cameras

Shielded doors are designed to organize the operational entry and exit of staff in a shielded structure. They have a contact magnetic seal and there are no mechanical locks and clamps, which ensures passage safety in extreme conditions.

When closing a shielded door, reliable electrical contact with the walls of the room (with the door frame) around the entire perimeter must be ensured.

The standard door sizes are 900x2000 mm and 1500x2000 mm. The installation of several doors through the vestibule system complete with an alarm system ensures the passage of personnel without violating the protective functions of the shielded room.

The appearance of some shielded doors is shown in Fig. 2 [9].

Shielded gates are designed for the operational import-export of large-sized equipment in a shielded structure.

Alarm and control systems for shielded doors and gates are designed to control their position, light and sound alarms in case of violation of shielding and to allow or prohibit personnel from entering the shielded room depending on the position of the doors.

Table 2. Classification of shielded cameras

Classification of shielded cameras	I class	II class	III class
Shielding Efficiency, dB	Over 80 to 120	Over 30 to 80	Up to 30 inclusive
Design	Inseparable	Inseparable, collapsible	

Electric noise suppression filters (Fig. 3) are designed to suppress spurious electromagnetic emissions and pickups (PEMIN) in power supply and signaling

ers (Fig. 4a) are designed for air exchange

Pipeline filters (Fig. 4b) are intended for supplying liquids and gases to shielded structures.

Figure 1 consists of two photographs. Photograph (a) shows a brass-colored, conical nozzle with a flange at its base. Photograph (b) shows a square metal diffuser with a grid of small holes in its center.

communication filters are designed to enter digital c

102

To install technical means of processing information of limited access, in addition to special shielded structures, shielded cameras can be used that are designed to test technical means according to electromagnetic compatibility parameters and provide shielding efficiency in the frequency band 0.01-37500 MHz.

The installation of technical means of processing information of limited access in shielded structures and chambers with shielding efficiencies of more than 60 dB excludes the possibility of intercepting protected information not only through technical channels of information leakage arising due to spurious electromagnetic radiation and their pickups, but also through leakage channels created by the “high-frequency” method irradiation ”and the introduction of electronic devices for intercepting information into technical equipment.

Bibliography

1. Gavrish V.F. A practical guide to protecting trade secrets. - Simferopol: Tauris, 1994.-- 112 p.
2. GOST R 50414-92. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Testing equipment. Cameras are shielded. Classes, main parameters, technical requirements and test methods. - Enter. 1993-07-01. - M.: Gosstandart of Russia, 1992. - 28 p.
3. Metallized fabric "Metakron". [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.metakron.ru/kat.html>
4. Nikolaenko Yu.S. Countering radio intelligence // Security, communications and telecommunications. - 1995. - No. 6. - S. 12 - 15.
5. Workstation EC1855.M.02. [Electronic resource]. - Access mode: http://www.niievm.by/products/ec1855_m_02.html
6. SanPiN 2.2.4 / 2.1.8.055-96. Sanitary and epidemiological rules and regulations. "Electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMF RF)." [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.vrednost.ru/224218055.php>
7. Technical methods and means of information protection / Yu.N. Maximov, V.G. Sonnikov, V.G. Petrov et al. - St. Petersburg: Polygon Publishing House, 2000. - 320 p.
8. Horev A.A. Technical protection of information: textbook. manual for university students. In 3 t. T. 1. Technical channels of information leakage. - M.: SPC "Analytics", 2008. - 436 p.
9. Screened buildings. [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.elfilter.com/levadnyi/kamers.htmk>
10. Shielding materials for protection against electromagnetic radiation and solving problems of electromagnetic compatibility. [Electronic resource]. - Access mode: <http://ckbrm.ru/index.php?products=64>

11. Electromagnetic compatibility of electronic equipment and unintentional interference. In 3 issues. Issue 2. Intra-system interference and methods for their reduction: Reduction. trans. from English / Ed. A.I.Sapriga. - M.: Owls. Radio, 1978.- 272 p.